



(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 201349346 A

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 12 月 01 日

(21)申請案號：102102879

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 25 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/314 (2006.01)*

H01L21/336 (2006.01)

(30)優先權：2012/01/26 美國

61/591,230

2012/05/15 美國

13/472,282

(71)申請人：諾發系統有限公司 (美國) NOVELLUS SYSTEMS, INC. (US)

美國

(72)發明人：拉芙依 艾里恩 LAVOIE, ADRIEN (US)；凡拉德拉彥 巴德里 VARADARAJAN, BHADRI (IN)；亨利 強 HENRI, JON (US)；豪斯曼恩 丹尼斯 HAUSMANN, DENNIS (US)

(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：15 共 55 頁

(54)名稱

用於紫外光輔助保形膜沉積之方法

METHODS FOR UV-ASSISTED CONFORMAL FILM DEPOSITION

(57)摘要

本發明所敘述為在基板上製作氮化矽(SiN)材料及其他含矽膜(包括如 SiCN(亦稱為 SiNC)、SiON、及 SiONC 膜之含碳及/或含氧膜)的方法。根據各種實施例，該方法涉及一或更多反應物之電磁輻射輔助活化。在一些實施例中，例如該方法涉及氣相胺共反應物之紫外光(UV)活化。該方法可用以在低於約 400°C 的溫度下沉積含矽膜(包括 SiN 及 SiCN 膜)。

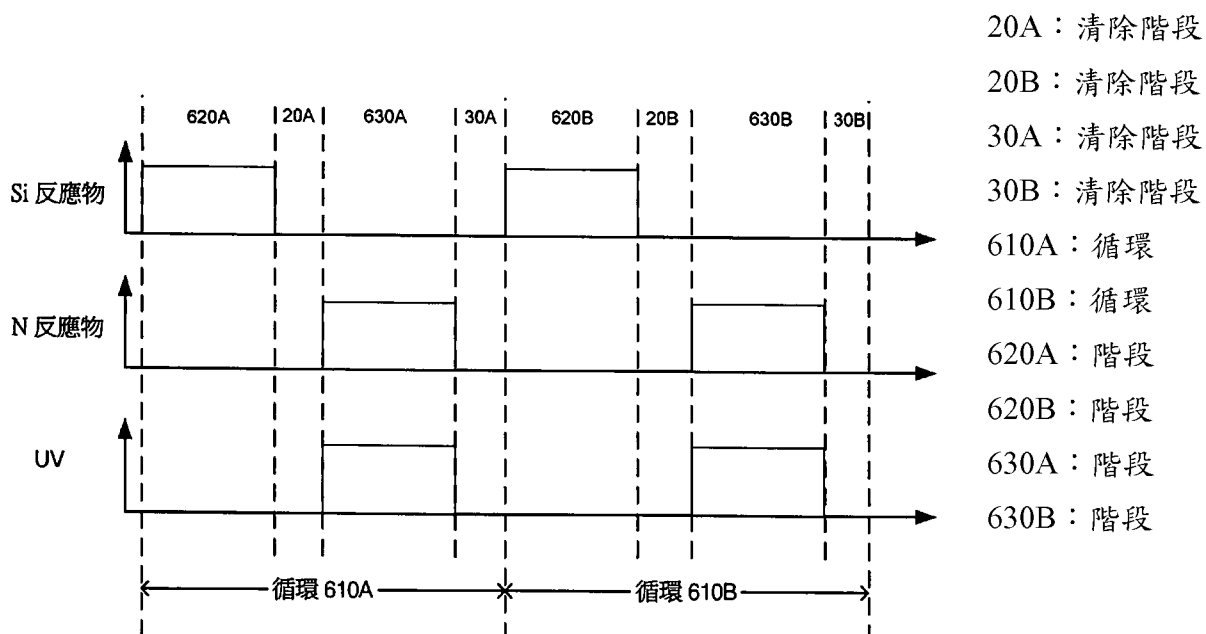


圖 6



(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 201349346 A

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 12 月 01 日

(21)申請案號：102102879

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 25 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/314 (2006.01)*

H01L21/336 (2006.01)

(30)優先權：2012/01/26 美國

61/591,230

2012/05/15 美國

13/472,282

(71)申請人：諾發系統有限公司 (美國) NOVELLUS SYSTEMS, INC. (US)

美國

(72)發明人：拉芙依 艾里恩 LAVOIE, ADRIEN (US)；凡拉德拉彥 巴德里 VARADARAJAN, BHADRI (IN)；亨利 強 HENRI, JON (US)；豪斯曼恩 丹尼斯 HAUSMANN, DENNIS (US)

(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：15 共 55 頁

(54)名稱

用於紫外光輔助保形膜沉積之方法

METHODS FOR UV-ASSISTED CONFORMAL FILM DEPOSITION

(57)摘要

本發明所敘述為在基板上製作氮化矽(SiN)材料及其他含矽膜(包括如 SiCN(亦稱為 SiNC)、SiON、及 SiONC 膜之含碳及/或含氧膜)的方法。根據各種實施例，該方法涉及一或更多反應物之電磁輻射輔助活化。在一些實施例中，例如該方法涉及氣相胺共反應物之紫外光(UV)活化。該方法可用以在低於約 400°C 的溫度下沉積含矽膜(包括 SiN 及 SiCN 膜)。

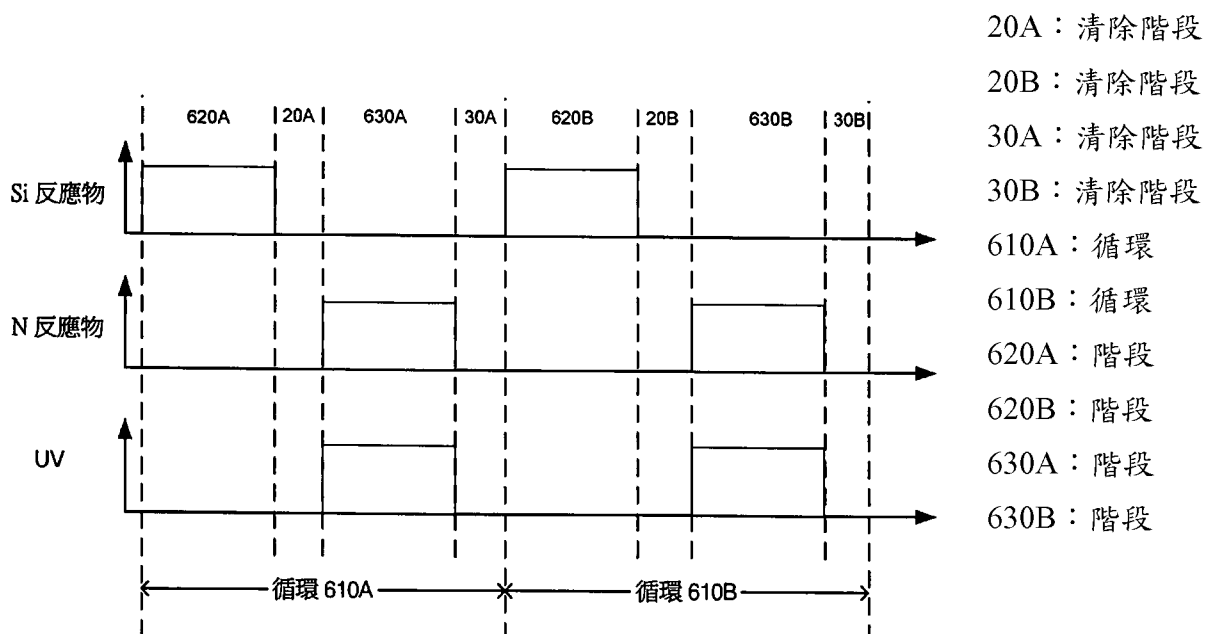


圖 6

發明摘要

※ 申請案號：102102879

※ 申請日：102.1.25

※IPC 分類：

H01L 21/316 2006.01

【發明名稱】(中文/英文)

用於紫外光輔助保形膜沉積之方法

H01L 21/336 2006.01

METHODS FOR UV-ASSISTED CONFORMAL FILM DEPOSITION

【中文】

本發明所敘述為在基板上製作氮化矽(SiN)材料及其他含矽膜(包括如SiCN(亦稱為SiNC)、SiON、及SiONC膜之含碳及/或含氧膜)的方法。根據各種實施例，該方法涉及一或更多反應物之電磁輻射輔助活化。在一些實施例中，例如該方法涉及氣相胺共反應物之紫外光(UV)活化。該方法可用以在低於約400°C的溫度下沉積含矽膜(包括SiN及SiCN膜)。

【英文】

Described are methods of making silicon nitride (SiN) materials and other silicon-containing films, including carbon-containing and/or oxygen-containing films such as SiCN (also referred to as SiNC), SiON and SiONC films, on substrates. According to various embodiments, the methods involve electromagnetic radiation-assisted activation of one or more reactants. In certain embodiments, for example, the methods involve ultraviolet (UV) activation of vapor phase amine coreactants. The methods can be used to deposit silicon-containing films, including SiN and SiCN films, at temperatures below about 400°C.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 6 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

20A、20B 清除階段

30A、30B 清除階段

610A、610B 循環

620A、620B 階段

630A、630B 階段

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

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)

用於紫外光輔助保形膜沉積之方法

METHODS FOR UV-ASSISTED CONFORMAL FILM DEPOSITION

【優先權之主張】

【0001】 本申請案主張申請於 2012 年 1 月 26 日、名稱爲”METHODS FOR UV-ASSISTED CONFORMAL FILM DEPOSITION”之美國專利臨時申請案第 61/591230 號、以及申請於 2012 年 5 月 15 日之美國專利申請案第 13/472282 號的優先權，其二者皆於此併入作爲參考。

【技術領域】

【0002】 本揭露內容大致有關含矽材料的形成，包括基板上之 SiN、SiCN、及 SiC 材料。本揭露內容尤其關於半導體基板上之含矽膜的形成。

【先前技術】

【0003】 氮化矽 (SiN) 薄膜具有獨特的物理、化學、及機械特性，且因此被用在各種應用中，尤其是半導體裝置（例如在擴散阻障層、閘極絕緣層、側壁間隔物、包覆層、電晶體中的應變膜、及其類似者之中）。伴隨 SiN 膜的一個問題爲用以形成膜之相對高溫，例如在前段製程 (FEOL) 應用中，通常在大於 750 °C 下使用二氯矽烷及氨於反應器中藉由化學氣相沉積 (CVD) 來沉積 SiN 膜。然而，當 SiN 膜被用在後段半導體製程中時，並且當裝置尺寸持續縮小時，對於在較低溫（例如小於 600 °C）下形成 SiN 膜有逐漸增加的需求。

【發明內容】

【0004】 本發明所敘述爲在基板上製作氮化矽 (SiN) 材料及其他含矽膜（包括如 SiCN（亦稱爲 SiNC）、SiON、及 SiONC 膜之含碳及/或含氧膜）的方法。根據各種實施例，該方法涉及一或更多反應物之電磁輻射輔助活化。在一些實施例中，例如該方法涉及氣相胺共反應物之紫外光 (UV)

活化。該方法可用以在低於約 400 °C 的溫度下沉積含矽膜(包括 SiN 及 SiCN 膜)。

【0005】 以下將參考相關圖式更詳細地敘述本發明的這些及其他特徵和優點。

【圖式簡單說明】

【0006】 圖 1 及 2 顯示沉積製程的範例中之階段的時間進展。

【0007】 圖 3 及 4 顯示用於製作含 Si 膜的範例製程流程。

【0008】 圖 5 顯示用於製作含 SiN 膜的範例製程流程。

【0009】 圖 6-13 顯示 SiN 沉積製程的範例中之階段的時間進展。

【0010】 圖 14 繪示 CFD 處理站的範例。

【0011】 圖 15 繪示多站處理工具之示意圖的範例。

【實施方式】

概要

【0012】 本揭露內容有關含矽膜(包括 SiN、SiCN、及 SiC 膜)的形成，尤其是在半導體基板上。於此敘述之方法包括用於沉積膜的低溫製程。

定義

【0013】 除非另有所指，否則作為本文所使用者應適用以下定義。

【0014】 「含矽反應物」係用以製作 SiN、SiCN、SiC、或其他含 Si 材料之試劑(單一或混合物試劑)，其中該試劑包含至少一矽化合物。矽化合物可為例如矽烷、鹵素矽烷、或胺基矽烷。矽烷包含氫及/或碳基團，但不包含鹵素。矽烷的例子為甲矽烷(SiH_4)、乙矽烷(Si_2H_6)、以及如甲基矽烷、乙基矽烷、異丙基矽烷、第三丁基矽烷、二甲基矽烷、二乙基矽烷、二第三丁基矽烷、烯丙基矽烷、第二丁基矽烷、叔己基矽烷(*hexylsilane*)、異戊基矽烷、第三丁基乙矽烷、二第三丁基乙矽烷、及其類似之有機矽烷。鹵素矽烷包含至少一鹵素基團並且可(或可不)包含氫及/或碳基團。鹵素矽烷的例子為碘矽烷、溴矽烷、氯矽烷、及氟矽烷。雖然鹵素矽烷(尤其氟矽烷)能形成可蝕刻矽材料之反應性鹵化物物種，但在本文描述的一些實施例中，當電漿激發時不存在含矽反應物。具體的氯矽烷為四氯矽烷(SiCl_4)、三氯矽烷(HSiCl_3)、二氯矽烷(H_2SiCl_2)、一氯矽烷(ClSiH_3)、

氯烯丙基矽烷、氯甲基矽烷、二氯甲基矽烷、氯二甲基矽烷、氯乙基矽烷、第三丁基氯矽烷、二第三丁基氯矽烷、氯異丙基矽烷、氯第二丁基矽烷、第三丁基二甲基氯矽烷、叔己基二甲基氯矽烷 (thexyldimethylchlorosilane)、及其類似者。胺基矽烷包括至少一氮原子鍵結至矽原子，但也可包含氫、氧、鹵素、及碳。胺基矽烷的例子為一、二、三、及四胺基矽烷（分別為 $\text{H}_3\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 、 $\text{H}_2\text{Si}(\text{NH}_2)_2$ 、 $\text{HSi}(\text{NH}_2)_3$ 、及 $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ ），以及例如第三丁基胺基矽烷、甲基胺基矽烷、第三丁基矽烷胺、二（第三丁基胺基）矽烷 ($\text{SiH}_2(\text{NHC}(\text{CH}_3)_3)_2$ (BTBAS)、第三丁基矽烷基氨基甲酸酯、 $\text{SiH}(\text{CH}_3)-(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2$ 、 $\text{SiHCl}-(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2$ 、 $(\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{NH})_3$ 、及其類似之經取代一、二、三、及四胺基矽烷。胺基矽烷的另一例子為三矽烷胺 ($\text{N}(\text{SiH}_3)_3$)。

【0015】 「含氮反應物」包含至少一個氮，例如氨、聯氨、如甲基胺、二甲基胺、乙基胺、異丙基胺、第三丁基胺、二第三丁基胺、環丙基胺、第二丁基胺、環丁基胺、異戊基胺、2-甲基丁基-2-胺 (2-methylbutan-2-amine)、三甲基胺、二異丙基胺、二乙基異丙基胺、二第三丁基聯氨之胺類（帶有碳之胺）、以及包含如苯胺、吡啶 (pyridines)、及苯甲基胺之胺類的芳香族。胺可為一級、二級、三級、或四級（例如四烷基銨化合物）。含氮反應物可包含除了氮以外之雜原子，例如羥基胺、第三丁基氧羰基胺 (t-butyloxycarbonyl)、及 N-第三丁基羥基胺 (N-t-butylhydroxylamine) 係含氮反應物。

【0016】 「電漿」是指在反應腔室中或遠端激發並帶入反應腔室之電漿。電漿可包括於此所述之反應物，並且可包括其他例如載體氣體、或反應性物種（如氫氣）之媒介物。當電漿激發時反應物及其他媒介可存在於反應腔室中、或遠端電漿可流入其中存在反應物之腔室、且/或反應物及/或載體氣體可遠端激發為電漿並帶入反應腔室。「電漿」意指包括已知技術上可行之任何電漿，包括感應耦合電漿及微波表面波電漿。本領域中具有通常技術者會瞭解將出現技術中的進步，且因此迄今未發展之電漿產生技術預期落在本發明的範圍內。

【0017】 「可熱移除基團」(thermally removable group) 是指在約 200

°C與約 500 °C之間分解成揮發性成分之含氮反應物及含矽反應物其中一者或兩者上的一部份。於此所述係例如在此溫度範圍中經過脫去反應之二級及三級碳基團的非限制性範例。本領域中具有通常技術者將瞭解到其他基團如所述般藉由其他機制而熱分解，例如第三丁基氧羰基（t-BOC 或「BOC」，t-butyloxycarbonyl）經由其中該基團的第三丁基部份形成異丁烯之脫去機制、以及形成二氧化碳之分解作用而熱分解。因此可熱移除基團不限於特定機制或機制的組合。只要基團在指定溫度範圍下分解以產生至少一揮發性成分，則其具有作為可熱分解基團的資格。例如，在給定一組條件下，第三丁基乙基胺將經過第三丁基的熱分解以形成異丁烯、而保留乙基，且因此異丁烯及乙基胺為熱分解的產物。本領域中具有通常技術者將瞭解到組成物的揮發性在某種程度上取決於產生組成物的反應條件。舉例而言，由於異丁烯不與吸附反應物反應，因此在加熱及低壓的條件下異丁烯可揮發並且自反應腔室移除；然而，例如氨（儘管通常為揮發性化合物）則與吸附在基板的表面上之含矽反應物進行反應。

方法

【0018】 於此所述係製作 SiN 及其他含矽介電膜（包括 SiCN 及 SiC 膜）的方法。在具體實施例中，SiN 膜係利用 UV 活化保形膜沉積（CFD）來製作。可沉積 Si_3N_4 及其他 SiN 膜，包括含有氧及/或碳之含 Si 膜。雖然實施例包括 CFD，但於此所述之方法不限於 CFD。其他適合的方法包括 ALD、PEALD、CVD、PECVD、及電漿輔助循環化學氣相沉積（PECCVD）。利用 CFD 來形成膜之方法係描述在 2011 年 4 月 11 日所申請之美國專利申請案第 13/084399 號中，並且其係於此併入作為所有目的之參考。提供 CFD 之簡短描述作為背景。

【0019】 半導體裝置的製造通常涉及在一整合製程中於非平面基板上沉積一或更多薄膜。在整合製程的一些實施態樣中，沉積保形薄膜可具有用處。例如，可在提高之閘極堆疊的頂部上沉積氮化矽膜作為用以保護輕度摻雜源極和汲極區域免於受到後續之離子植入製程影響的間隔層。

【0020】 在間隔層沉積製程中，化學氣相沉積(CVD)製程可用以在非平面基板上形成隨後進行非等向蝕刻以形成間隔層結構之氮化矽膜。然

而，隨著閘極堆疊之間的距離減小，CVD 氣相反應的質量傳輸限制可能導致「麵包條」(“bread-loafing”)沉積效應。如此效應通常展現在閘極堆疊的頂面處之較厚沉積、以及在閘極堆疊的底角處之較薄沉積。此外，因為一些晶粒可具有不同裝置密度的區域，所以晶圓表面範圍之質量傳輸效應可能導致晶粒內和晶圓內的膜厚度差異。這些厚度差異可能導致一些區域的過蝕刻及其他區域的蝕刻不足。這可能降低裝置效能及/或晶粒良率。

【0021】 對應這些問題的一些方法涉及原子層沉積(ALD)。與其中使用熱活化氣相反應以沉積膜之 CVD 製程相比，ALD 製程使用表面介導沉積反應在逐層基礎上沉積膜。在一範例性 ALD 製程中，使包括表面活性部位之群體的基板表面曝露至第一反應物(A)之氣相分佈。一些反應物 A 的分子可在包括反應物 A 的化學吸附物種及物理吸附分子之基板表面的頂上形成凝相。然後排空反應器以移除氣相及物理吸附反應物 A 使得僅化學吸附物種存留。然後將第二膜反應物(B)導入反應器以使反應物 B 的一些分子吸附至基板表面。提供至基板之熱能使反應物 A 及 B 的吸附分子之間的表面反應活化，從而形成膜層。最後，將反應器排空以移除反應副產物和未反應的反應物 B，而結束 ALD 循環。可包括額外 ALD 循環以增長薄膜厚度。電漿或其他具能量的手段可結合加熱使用，或作為替代方法來對基板加熱以驅動反應物 A 及 B 之間的反應。

【0022】 依據反應物施用步驟的曝露時間及反應物的黏附係數，在一實例中各 ALD 循環可沉積介於二分之一埃與三埃厚之膜層。因此，當沉積大於數奈米厚的膜時，ALD 製程會很耗時。此外，一些反應物會具有長曝露時間以沉積保形膜，而其亦會減低晶圓吞吐量時間。

【0023】 亦可將保形膜沉積在平面基板上。例如，可由包含交替膜類型之平面堆疊形成用於微影圖案化應用之抗反射層。如此之抗反射層可為大約 100 至 1000 埃厚，因而使得 ALD 製程比 CVD 製程較不具吸引力。然而，如此之抗反射層亦可具有比許多 CVD 製程可提供較為低的晶圓內厚度差異之允差。例如，600 埃厚的抗反射層可容許小於 3 埃的厚度範圍。

【0024】 於此描述之各種實施例包括用以沉積 SiN、SiCN、SiC、SiO、SiON、及 SiOCN 膜、以及其他含矽膜之 CFD。一般而言，CFD 不依賴在

形成含矽膜的反應之前完全清除一或更多反應物。例如，當電漿（或其他活化能）激發時，會有一或更多反應物存在於氣相中。因此，在範例 CFD 製程中可縮短或排除一或更多描述在 ALD 製程中的製程步驟。此外，在一些實施例中，沉積反應之電漿活化可導致比熱活化反應更低的沉積溫度，從而潛在地降低整合製程的熱預算。

【0025】 圖 1 顯示 CFD 製程 100 中關於各種製程參數（例如惰性氣體流量、反應物 A、反應物 B、以及何時開啓能量源）的範例階段之時間進展。在圖 1 中，顯示二沉積循環 110A 及 110B。本領域中具有通常技術者將瞭解到任何合適數目的沉積循環可包括在 CFD 製程中以沉積期望之膜厚度。範例 CFD 製程參數包括但不限於惰性氣體及反應物物種之流速、電漿功率及頻率、紫外光波長、持續時間及強度、基板溫度、及處理站壓力。

【0026】 CFD「循環」的概念與本文中各種實施例的討論有關。通常一循環係執行一次表面沉積反應所需之最小一組操作。一循環的結果係在基板表面上產生至少一部份膜層。通常，CFD 循環將僅包含那些遞送及吸附各反應物至基板表面、並隨後使那些吸附之反應物發生反應以形成膜的部份層之必要步驟。循環可包含一些輔助步驟，例如清除反應物或副產物之一者、及/或處理所沉積之部份膜。一般而言，一循環僅包含唯一的操作序列之情況。作為一範例，一循環可包含以下操作：(i)反應物 A 之遞送/吸附、(ii)反應物 B 之遞送/吸附、(iii)將 B 清除至反應腔室外、以及(iv)實施活化作用以驅動 A 和 B 之表面反應以便在表面上形成部份膜層。

【0027】 參考圖 1，惰性氣體在製程 100 的所有階段期間流通。在反應物 A 曝露階段 120A，以受控之流速將反應物 A 供應至處理站以使基板的曝露表面飽和。反應物 A 可為任何合適的沉積反應物，例如含氮反應物。在圖 1 所示的實施例中，反應物 A 在整個沉積循環 110A 及 110B 期間持續流入。不同於其中隔開膜前驅物（反應物）曝露以防止氣相反應之典型 ALD 製程，在 CFD 製程的一些實施例之氣相中可允許反應物 A 和 B 混合。相較於其中先將反應物 A 開啓、隨後穩定並曝露至基板、然後關閉、以及最後自反應器移除之 ALD 製程，持續供應反應物 A 至處理站可縮短或排除反應物 A 流速開啓及穩定時間。雖然圖 1 所示之實施例繪示反應物 A 曝露階段

120A 為具有固定流速，但應瞭解到在本揭露內容的範圍內可採用任何合適的反應物 A 流量(包括變動流量)。在一些實施例中，反應物 A 曝露階段 120A 可具有超過反應物 A 的基板表面飽和時間之持續時間。例如，圖 1 之實施例包括反應物 A 曝露階段 120A 中的反應物 A 後飽和曝露時間 130。選擇性地，反應物 A 曝露階段 120A 可包括一受控流速的惰性氣體。範例惰性氣體包括但不限於氮、氬、及氦。可提供惰性氣體以幫助處理站的壓力及/或溫度控制、液體反應物的汽化、更多反應物的快速遞送、及/或作為用以自處理站及/或處理站管路移除處理氣體之清除氣體。

【0028】 在圖 1 所示之實施例的反應物 B 曝露階段 140A，將反應物 B 以受控之流速供應至處理站以使曝露之基板表面飽和。在此範例中，反應物 B 可例如為含矽反應物。雖然圖 1 之實施例繪示反應物 B 曝露階段 140A 為具有固定流速，但應瞭解到在本揭露內容的範圍內可採用任何合適的反應物 B 流量(包括變動流量)。此外，應瞭解到反應物 B 曝露階段 140A 可具有任何合適的持續時間。在一些實施例中，反應物 B 曝露階段 140A 可具有超過反應物 B 的基板表面飽和時間之持續時間。例如，圖 1 所示之實施例繪示包括在反應物 B 曝露階段 140A 之中的反應物 B 後飽和曝露時間 150。

【0029】 在一些實施例中，表面吸附之 B 物種可如不連續島狀存在於基板表面上，而使其難以達到反應物 B 的表面飽和。各種表面條件可延遲反應物 B 於基板表面上的成核及飽和。舉例而言，在反應物 A 及/或 B 吸附時所釋放之配位基可阻斷一些表面活性部位，而防止進一步吸附反應物 B。因此，在一些實施例中，反應物 B 之連續吸附層可在反應物 B 曝露階段 140A 期間藉由調整反應物 B 的流量及/或離散地以脈衝輸送反應物 B 進入處理站來提供。此可為表面吸附及脫附過程提供額外時間，同時與固定流量情形相比更為節省反應物 B。額外地(或選擇性地)，在一些實施例中，可於反應物 B 的連續曝露之間包括一或更多清除階段。

【0030】 在活化之前，在一些實施例中可於清除階段 160A 中自處理站移除氣相反應物 B。清除處理站可避免其中反應物 B 對電漿活化不穩定或其中可能形成不必要之物種的氣相反應。此外，清除處理站可移除表面

吸附之配位基，否則其可能餘留並污染膜。範例清除氣體可包括但不限於氫、氮、及氦。在圖 1 所示之實施例中，用於清除階段 160A 之清除氣體係由連續惰性氣體流所供應。在一些實施例中，清除階段 160A 可包括一或更多用以排空處理站之排空次階段。或者，應瞭解到在一些實施例中可省略清除階段 160A。

【0031】 清除階段 160A 可具有任何合適的持續時間。在一些實施例中，增加一或更多清除氣體的流速可減短清除階段 160A 的持續時間。例如，可根據各種反應物熱力特性、及/或處理站的幾何特性、及/或處理站管路來調整清除氣體流速，從而修改清除階段 160A 的持續時間。在一非限制性範例中，可藉由調整清除氣體流速而使清除階段的持續時間最佳化。此可減短沉積循環時間，從而可增進基板吞吐量。

【0032】 在圖 1 所示之實施例的活化階段 180A，提供能量以活化表面吸附反應物 A 和 B 之間的表面反應。例如，電漿可直接地或間接地活化反應物 A 的氣相分子以形成反應物 A 自由基。這些自由基隨後可與表面吸附反應物 B 交互作用，從而導致膜形成表面反應。在另一範例中，紫外光 (UV) 輻射可直接或間接活化反應物 A 的氣相分子以形成隨後可與表面吸附反應物 B 交互作用之反應物 A 自由基。

【0033】 根據各種實施例，活化階段 180A 可包括一或更多直接（原位）電漿、遠端電漿、UV 輻射曝露、可見光輻射曝露、及微波輻射曝露。沉積循環 110A 結束於電漿活化階段 180A，在圖 1 之實施例中其係後接以反應物 A 曝露階段 120B 為開始、並接續 B 曝露階段 140B、清除階段 160B、及電漿活化階段 180B 之沉積循環 110B。

【0034】 在一些實施例中，於活化階段 180A 中所形成之電漿可直接在基板表面上方形成。此可提供更大的電漿密度並且增進反應物 A 和 B 之間的表面反應速率。例如，可使用二電容式耦合板藉由施加射頻(RF)場至低壓氣體來產生用於 CFD 製程之電漿。可使用任何合適的氣體來形成電漿。在此範例中，可使用如氫或氮之惰性氣體連同反應物 A（含氮反應物）來形成電漿。藉由 RF 場使平板之間的氣體離子化來激發電漿，從而在電漿放電區域中產生自由電子。這些電子受到 RF 場加速，並且可與氣相反應物分

子碰撞。這些電子與反應物分子的碰撞可形成參與沉積製程之自由基物種。應瞭解到 RF 場可經由任何合適的電極耦合。電極的非限制性範例包括處理氣體分配噴淋頭及基板支撐座。應瞭解到除了電容式耦合 RF 場至氣體之外，還可藉由一或更多合適的方法來形成用於 CFD 製程之電漿。

【0035】 在一些實施例中，於活化階段 180A 中所形成之電漿可藉由在遠端電漿源之中形成。在一些實施例中，來自遠端電漿源之活化物種可進入包覆基板之腔室、並且與反應物交互作用。在一些實施例中，這些活化物種包括離子、電子、自由基、及高能分子。在一些實施例中，由於進入腔室前的再結合，因此進入腔室之活化物種包括自由基而實質上沒有離子及/或電子。在一些實施例中，可使用離子過濾器。可饋送至遠端電漿源中從而提供活化物種之氣體的例子包括氬、氮、氧、氫、及氧。

【0036】 在一些實施例中，活化階段 180A 可涉及曝露至來自 UV 光源的輻射。可使用任何合適的 UV 光源，包括寬頻及窄頻 UV 光源。例如，可藉由曝露至 UV 輻射而形成參與在沉積製程中之自由基物種。在一些實施例中，UV 光源可放射經挑選以激發一或更多反應物或活化一反應之一或更多波長的光。在一些實施例中，UV 曝露可發生於當反應物在反應腔室中時。例如，UV 光源可裝設在腔室內部或外部。UV 輻射可穿透窗口而到達反應物。在一些其他實施例中，UV 曝露可發生在反應物進入腔室之前。例如，在自由基及/或其他活化物種進入腔室的情況下，反應物可於進入腔室前曝露至 UV 輻射。在這些實施例中，活化階段 180A 可與反應物曝露階段同時發生或重疊。以下進一步描述如此製程的範例。

【0037】 在一些實施例中，活化階段 180A 可涉及曝露至來自可見光源的輻射。例如，可形成參與在沉積製程中的自由基物種。在一些實施例中，可見光源可放射經挑選以激發一或更多反應物或活化一反應之一或更多波長的光。在一些實施例中，可見光曝露可發生於當反應物在反應腔室中時。例如，光源可裝設在腔室內部或外部。可見光可穿透窗口而到達反應物。在一些其他實施例中，曝露至激發反應物之可見光可發生在反應物進入腔室之前。例如，在自由基及/或其他活化物種進入腔室的情況下，反應物可於進入腔室前曝露至輻射。在這些實施例中，活化階段 180A 可與反

應物曝露階段同時發生或重疊。以下進一步描述如此製程的範例。

【0038】 在一些實施例中，活化階段 180A 可涉及曝露至微波輻射。例如，可形成參與在沉積製程中的自由基物種。在一些實施例中，微波源可放射經挑選以激發一或更多反應物或活化一反應之一或更多頻率的光。在一些實施例中，微波曝露可發生於當反應物在反應腔室中時。例如，微波源可裝設在腔室內部或外部。微波可穿透窗口而到達反應物。在一些其他實施例中，曝露至激發反應物之微波可發生在反應物進入腔室之前。例如，在自由基及/或其他活化物種進入腔室的情況下，反應物可於進入腔室前曝露至輻射。在這些實施例中，活化階段 180A 可與反應物曝露階段同時發生或重疊。以下進一步描述如此製程的範例。

【0039】 在一些實施例中，活化階段 180A 可涉及一或更多上述之活化模式。活化階段 180A 可具有任何合適的持續時間。在一些實施例中，活化階段 180A 可具有超過活化自由基與所有曝露之基板表面及被吸附物交互作用、從而在基板表面頂上形成連續膜之時間的持續時間。例如，圖 1 所示之實施例包括活化階段 180A 中的後飽和曝露時間 190。

【0040】 在一些實施例中，延長活化能曝露時間及/或提供複數曝露階段可提供沉積膜之主體及/或近表面部份的後反應處理。在一實施例中，減少表面污染可使表面準備好對反應物 A 的吸附。例如，由含矽反應物與含氮反應物之反應所形成的氮化矽膜可具有能抵抗後續反應物之吸附的表面。以電漿或其他活化能處理氮化矽表面可產生用以促進後續吸附及反應事件之氫鍵。除了電漿處理，此類處理還包括電磁輻射處理、熱處理(例如回火或高溫脈衝)、及其類似者。這些處理之任一者可單獨或結合另一處理(包括電漿處理)來執行。在一具體實施例中，該處理涉及使膜曝露至 UV 輻射。如以下所述，在一具體實施例中，該方法涉及原位(即於膜的形成期間)或膜沉積之後施加 UV 輻射至膜。如此處理用以減少或消除缺陷結構，並提供改善之電性效能。

【0041】 在一些具體實施例中，UV 處理可與電漿處理結合。此二操作可同時或相繼執行。在相繼的選項中，任一操作皆可先發生。在同時的選項中，該二處理可由各自的源(例如用於電漿之 RF 電源與用於 UV 之燈)、

或由單一源(例如產生 UV 輻射作為副產品之氮電漿)提供。

【0042】 在一些實施例中，如膜應力、介電常數、折射率、蝕刻速率之膜特性可藉由修改電漿或其他活化能參數而加以調整。

【0043】 雖然於此所討論的許多範例包括二反應物(A 和 B)，但應瞭解到在本揭露內容的範圍內可採用任何合適數目的反應物。在一些實施例中，可使用供應表面反應之電漿能量的單一反應物及惰性氣體。或者，一些實施例可使用多數反應物來沉積膜。例如，在一些實施例中，可藉由一含矽反應物以及一或更多含氮反應物、或者一或更多含矽反應物以及單一含氮反應物、或者含矽反應物以及含氮反應物皆多於一個之反應而形成氮化矽膜。

【0044】 圖 2 顯示製程 200 中關於各種製程參數（例如惰性氣體流量、反應物 A、反應物 B、以及何時開啓能量源）的階段之時間進展的另一範例。在圖 2 中，顯示二沉積循環 210A 及 210B。本領域中具有通常技術者將瞭解到任何合適數目的沉積循環可包括在製程中以沉積期望之膜厚度。範例製程參數包括但不限於惰性氣體及反應物物種之流速、電漿功率及頻率、UV 輻射波長、強度持續時間、基板溫度、及處理站壓力。

【0045】 參考圖 2，惰性氣體在製程 200 的所有階段期間流通（雖然在其他實施例中可能不是如此）。在反應物 A 曝露階段 220A，以受控之流速將反應物 A 供應至處理站以使基板的曝露表面飽和。反應物 A 可為任何合適的沉積反應物，例如含矽反應物。雖然圖 2 所示之實施例繪示反應物 A 曝露階段 220A 為具有固定流速，但應瞭解到在本揭露內容的範圍內可採用任何合適的反應物 A 流量(包括變動流量)。在一些實施例中，反應物 A 曝露階段 220A 可具有超過反應物 A 的基板表面飽和時間之持續時間。例如，圖 2 之實施例包括反應物 A 曝露階段 220A 中的反應物 A 後飽和曝露時間 230。選擇性地，反應物 A 曝露階段 220A 可包括一受控流速的惰性氣體。範例惰性氣體包括但不限於氮、氬、及氦。可提供惰性氣體以幫助處理站的壓力及/或溫度控制、液體反應物的汽化、更多反應物的快速遞送、及/或作為用以自處理站及/或處理站管路移除處理氣體之清除氣體。

【0046】 在一些實施例中，於 B 曝露階段 240A 之前，可在清除階段

260A 中將氣相反應物 A 自處理站移除。清除處理站可清除任何未吸附在基板表面上之反應物 A。範例清除氣體可包括但不限於氫、氮、及氧。在圖 2 所示之實施例中，清除階段 260A 之清除氣體係由連續惰性氣體流所供應。在一些其他實施例中，清除氣體可僅於清除階段期間供應。在一些實施例中，清除階段 260A 可包括一或更多用以排空處理站之排空次階段。或者，應瞭解到在一些實施例中可省略清除階段 260A。

【0047】 在圖 2 所示之實施例的反應物 B 曝露階段 240A，將反應物 B 以受控之流速供應至處理站以使曝露之基板表面飽和。在此範例中，反應物 B 可例如為含氮反應物。雖然圖 2 之實施例繪示反應物 B 曝露階段 240A 為具有固定流速，但應瞭解到在本揭露內容的範圍內可採用任何合適的反應物 B 流量(包括變動流量)。此外，應瞭解到反應物 B 曝露階段 240A 可具有任何合適的持續時間。在一些實施例中，反應物 B 曝露階段 240A 可具有超過反應物 B 的基板表面飽和時間之持續時間。例如，圖 2 所示之實施例繪示包括在反應物 B 曝露階段 240A 之中的反應物 B 後飽和曝露時間 250。

【0048】 在圖 2 所示之實施例的活化階段 280A，提供能量以活化表面吸附反應物 A 和 B 之間的表面反應。例如，電漿可直接或間接活化反應物 B 的氣相分子以形成反應物 B 自由基。這些自由基隨後可與表面吸附反應物 A 交互作用，從而導致膜形成表面反應。在另一範例中，紫外光 (UV) 輻射可直接或間接活化反應物 B 的氣相分子以形成隨後可與表面吸附反應物 A 交互作用之反應物 B 自由基。雖然 B 曝露階段 240A 在圖 2 中係顯示為在活化階段 280A 之前結束，但在一些實施例中，該二階段可重疊。根據各種實施例，活化階段 280A 可包括一或更多如上述之直接 (原位) 電漿、遠端電漿、UV 輻射曝露、可見光輻射曝露、及微波輻射曝露。

【0049】 活化階段 280A 可具有任何合適的持續時間。在一些實施例中，活化階段 280A 可具有超過活化自由基與所有曝露之基板表面及被吸附物交互作用、從而在基板表面頂上形成連續膜之時間的持續時間。例如，圖 2 所示之實施例包括活化階段 280A 中的後飽和曝露時間 290。

【0050】 圖 2 顯示於活化階段 280A 之後所執行之清除階段 270A。

在一些實施例中，可於清除階段 270A 中將氣相反應物 B 自處理站移除。清除處理站可清除任何氣相反應物 B、以及不必要的副產物及/或污染物。範例清除氣體可包括但不限於氫、氮、及氦。在圖 2 所示之實施例中，清除階段 270A 之清除氣體係由連續惰性氣體流所供應（儘管其可以其他方式供應）。清除階段 270A 之中可包括一或更多用以排空處理站之排空次階段。或者，應瞭解到在一些實施例中可省略清除階段 270A。沉積循環 210A 結束於清除階段 270A，在圖 2 之實施例中其係後接以反應物 A 曝露階段 220B 為開始、並接續清除階段 260B、B 曝露階段 240B、電漿活化階段 280B、及清除階段 270B 之沉積循環 210B。

【0051】 圖 3 繪示製程流程 300，製程流程 300 概述一方法之實施例的實施態樣。將基板設置至反應腔室（見操作 305）。可執行選擇性熱浸泡（見操作 310）以加熱基板至期望溫度。在使用任何於此所述之方法的實施例中，基板係加熱至約 50 °C 與約 550 °C 之間、或更具體地從約 300 °C 至約 450 °C（例如約 350 °C 或 400 °C）。隨後將一或更多含 Si 前驅物遞送至腔室（見操作 315）。在一些實施例中，除了含矽反應物之外，操作 315 還可包括遞送共反應物，如氧化劑（例如用於矽氧化物或矽氧氮化物之沉積）及/或含氮前驅物（例如用於矽氮化物或矽氧氮化物之沉積）。一或更多含 Si 前驅物可吸附（例如化學吸附或物理吸附）在基板表面上。隨後可執行選擇性清除操作（見操作 320）而留下在基板表面上之吸附材料。表面黏結分子可用 UV 能量來活化（見操作 325）。根據各種實施例，UV 能量可與一或更多表面黏結含矽反應物及表面黏結共反應物交互作用。在一些實施例中，可選取 UV 波長或 UV 波長的範圍以便與一或更多反應物上的配位基交互作用。由於 UV 輻射，使得形成如 SiN、SiC、SiO₂、SiCN、SiON、或 SiONC 之期望含矽膜的反應被活化。例如，含碳 Si 前驅物及含氮共反應物可用以形成 SiCN。含氧且含碳 Si 前驅物及含氮共反應物可用以形成 SiONC。在一些實施中，共反應物可為能用以沉積 SiO 之氧化劑。舉例而言，含氧且含碳 Si 前驅物及氧化劑可用以形成矽氧化物。製程 300 隨後可接續選擇性清除（見操作 330）而只留下在基板上之 SiN、SiO₂、SiCN、SiON、SiONC、或其他膜的層。可重複操作 315–330 以形成期望厚度之膜。

【0052】 在一些實施例中，另一能量源可在操作 325 中的 UV 能量之外使用或代替操作 325 中的 UV 能量使用。舉例而言，操作 325 中的 UV 輻射可結合電漿使用。在一些實施例中，微波及/或可見光輻射可代替 UV 輻射使用或在 UV 輻射之外使用。

【0053】 圖 4 繪示製程流程 400，製程流程 400 概述一方法之實施例的實施態樣。將基板設置至腔室（見操作 405）。如上述般執行選擇性熱浸泡（見操作 410）。隨後將一或更多含 Si 前驅物遞送至腔室（見操作 415）。一或更多前驅物可吸附（例如化學吸附或物理吸附）在基板表面上。製程 400 可隨後接續選擇性清除（見操作 420）而留下在基板上之吸附材料層。根據各種實施例，該層可包括表面黏結含 Si 反應物。共反應物前驅物或前驅物流可用 UV 波長能量來活化（見操作 425）。例如，含氮反應物及/或氧化劑可在反應腔室中（或上游）的氣相中被活化。在一些實施例中，表面吸附含矽反應物及氣相共反應物反應物二者皆可被活化。由於 UV 輻射，使得形成如 SiN、SiCN、SiC、SiO、SiON、或 SiONC 之期望含矽膜的反應被活化。製程 400 隨後可接續選擇性清除（見操作 430）而只留下在基板上之 SiN、SiCN、SiC、SiO、SiON、或 SiONC、或其他含矽膜的層。可重複操作 415–430 以形成期望厚度之膜。

【0054】 圖 5 繪示根據一些實施例之用於形成含矽膜的製程流程之範例。應瞭解到如圖 5 所示之製程取決於所使用之特定含 Si 及含 N 反應物而可用以形成 SiCN、SiONC 及 SiON 膜。形成 SiONC 及 SiON 膜可包括除了操作 515 中的含氮反應物之外還使用含氧共反應物。此外，如圖 5 所示之製程可例如藉由使用含氧反應物代替操作 515 中的含氮反應物而用以形成 SiO。含氧共反應物的例子包括 O₂。

【0055】 製程 500 以將基板設置至腔室為開始（見操作 505）。基板可為其上需要含矽膜之任何合適的基板。例如，基板可為部份製作之積體電路、快閃記憶體或相變記憶體基板。基板可提供為空白基板（例如空白矽基板）、或其上沉積一或多層。其上待沉積 SiN 膜或其他含矽膜之表面可為（或包括）例如矽、多晶矽、銅、鈦、鎢、二氧化矽、或鍺銻碲（GST）合金。在一些實施例中，表面包括一或更多凸起或凹入之特徵部。一或更

多凸起特徵部可具有例如 2：1–10：1 的高寬比。基板係曝露至含矽反應物（見操作 510）。在一些實施例中，操作 510 係非電漿操作。在一些實施例中，反應器可加壓至例如約 5 與 50 Torr 之間的第一壓力。在一特定實施例中，於操作 510 期間壓力為約 20 Torr。可根據期望之實施例使用此範圍以外之壓力。含矽反應物係吸附在基板表面上。在期望數量之含矽反應物吸附於表面上之後，可停止含矽反應物的流量（未顯示）。將基板曝露至一或更多含氮反應物（見操作 515）。當含氮反應物存在於氣相中時提供活化能（見操作 520），從而在基板上形成 SiN 或其他含 Si 且含 N 膜。根據各種實施例，含氮反應物可在整個製程期間持續地流通（例如圖 1 中的反應物 A）、或間歇地流通（例如圖 2 中的反應物 B）。在前者的一些實施例中，可間歇地執行操作 520；而在後者的一些實施例中，即使當含氮反應物不存在時，仍可讓能量源開啓。

【0056】 根據各種實施例，操作 520 可包括一或更多直接（原位）電漿、遠端電漿、UV 輻射曝露、可見光輻射曝露、及微波輻射曝露。

【0057】 例如在一些實施例中，操作 520 可包括直接在基板表面上方形成之直接電漿。此可提供更大的電漿密度並且增進反應物之間的表面反應速率。例如，可使用二電容式耦合板藉由施加射頻(RF)場至低壓氣體來產生電漿。可使用任何合適的氣體來形成電漿。藉由 RF 場使平板之間的氣體離子化來激發電漿，從而在電漿放電區域中產生自由電子。這些電子受到 RF 場加速，並且可與氣相反應物分子碰撞。這些電子與反應物分子的碰撞可形成參與沉積製程之自由基物種。應瞭解到 RF 場可經由任何合適的電極耦合。電極的非限制性範例包括處理氣體分配噴淋頭及基板支撐座。應瞭解到除了電容式耦合 RF 場至氣體之外，還可藉由一或更多合適的方法來形成電漿。

【0058】 在一些實施例中，遠端所產生或下游電漿可提供操作 520 中之全部或部份活化能。在一些實施例中，來自遠端電漿源之活化物種可進入包覆基板之腔室、並且與反應物交互作用。在一些實施例中，這些活化物種包括離子、電子、自由基、及高能分子。在一些實施例中，由於進入腔室前的再結合，因此進入腔室之活化物種包括自由基而實質上沒有離

子及/或電子。在一些實施例中，可藉由提供含氮反應物或其他共反應物至遠端電漿產生器而使操作 520 發生在操作 515 之前；例如，於 SiN、SiCN、SiOCN、及 SiON 膜的形成中，可將氮共反應物饋送至遠端電漿源。在另一範例中，於 SiO 膜、SiOCN 及 SiON 膜的形成中，可將氧饋送至遠端電漿源。

【0059】 在一些實施例中，操作 520 可涉及曝露至來自 UV 光源的輻射。可使用任何合適的 UV 光源，包括寬頻及窄頻 UV 光源。例如，可藉由曝露至 UV 輻射而形成參與在沉積製程中之自由基物種。在一些實施例中，UV 光源可放射經挑選以激發一或更多反應物或活化一反應之一或更多波長的光。在一些實施例中，UV 曝露可發生於當含氮反應物在反應腔室中時。例如，UV 光源可裝設在腔室內部或外部。UV 輻射可穿透窗口而到達反應物。在一些其他實施例中，UV 曝露可發生在含氮反應物進入腔室之前。例如，在自由基及/或其他活化物種進入腔室的情況下，反應物可於進入腔室前曝露至 UV 輻射。

【0060】 根據各種實施例，UV 輻射可選取為寬頻或窄頻以活化共反應物或其他物種。舉例而言，可用以活化氮、以及一級、二級、和三級胺之波長係小於約 240 nm；可用以活化氧之波長係小於約 300 nm。對於寬頻源的整個 UV 範圍之範例性強度可為約 0.5 W/cm^2 、或對於單一波長準分子為約 10 mW/cm^2 。

【0061】 在一些實施例中，操作 520 可涉及曝露至來自可見光源的輻射。例如，可形成參與在沉積製程中之自由基物種。在一些實施例中，可見光源可放射經挑選以激發一或更多反應物或活化一反應之一或更多波長的光。在一些實施例中，可見光曝露可發生於當含氮反應物在反應腔室中時。例如，光源可裝設在腔室內部或外部。可見光可穿透窗口而到達反應物。在一些其他實施例中，曝露至激發含氮反應物之可見光可發生在反應物進入腔室之前。例如，在自由基及/或其他活化物種進入腔室的情況下，反應物可於進入腔室前曝露至輻射。

【0062】 在一些實施例中，操作 520 可涉及曝露至微波輻射。例如，可形成參與在沉積製程中之自由基物種。在一些實施例中，微波源可放射

經挑選以激發一或更多反應物或活化一反應之一或更多頻率的光。在一些實施例中，微波曝露可發生於當含氮反應物在反應腔室中時。例如，微波源可裝設在腔室內部或外部。微波可穿透窗口而到達反應物。在一些其他實施例中，曝露至激發含氮反應物之微波可發生在反應物進入腔室之前。例如，在自由基及/或其他活化物種進入腔室的情況下，反應物可於進入腔室前曝露至輻射。

【0063】 在一些實施例中，讓反應器中的壓力循環，使其於操作 515 及/或 520 期間較操作 510 為低。舉例而言，這些操作期間的壓力可介於約 1 與 5 Torr 之間，例如 2 Torr。在一些實施例中，於操作 520 之後可停止含氮反應物的流量（未顯示）。在一些實施例中，可清除含矽反應物及/或含氮反應物。可執行一或更多操作 510–520 之重複以建立 SiN 或其他含 Si 層。在一實施例中，重複這些操作以便在基板上形成介於約 1 nm 與約 100 nm 厚之保形層。在另一實施例中，介於約 5 nm 與約 50 nm 厚。在另一實施例中，介於約 5 nm 與約 30 nm 厚。

【0064】 在使用於此所述之任一方法的實施例中，基板係加熱至約 50°C 與約 550°C 之間、或尤其從約 300°C 至約 450°C（例如約 350°C 或 400°C）。在一實施例中，於整個沉積過程對晶圓加熱；在其他實施例中，於沉積期間或於沉積步驟後週期性地對晶圓加熱作為回火。

【0065】 圖 6–13 提供針對各種製程參數（例如含矽前驅物流量、含氮反應物、及 UV 光源強度）之一或二 SiN 沉積循環之時間進展的範例。為了方便說明而不顯示可能存在之其他參數（例如惰性氣體流量）。雖然圖 6–13 的描述主要涉及 SiN 膜，但應瞭解到其他反應物可在含氮反應物之外使用或代替含氮反應物使用來形成例如 SiO₂、SiCN、或 SiONC。同樣地，應瞭解到如圖 6–13 所示之製程取決於所使用之含 Si 及含 N 反應物而可用以形成 SiCN、SiOCN、或 SiON 膜。同樣地，雖然圖 6–13 涉及 UV 能量，但應瞭解到如上述之一或更多其他能量源可在 UV 能量之外使用或代替 UV 能量使用。

【0066】 在一些實施例中，含矽反應物可為 UV 穿透性，而含氮反應物可為 UV 活化性。在一些其他實施例中，含矽反應物可包括可 UV 活化之

配位基。例如， NH_3 可被具有小於約 240 nm 的波長之 UV 輻射活化。含 O_2 配位基可被小於約 240 nm 之 UV 輻射活化。 SiH_4 及大多數其衍生物可被具有小於約 200 nm 的波長之 UV 輻射活化。

【0067】 首先，圖 6 顯示二循環 610A 及 610B，其每一者導致 SiN 層之沉積。沉積循環 610A 以階段 620A 中的含 Si 反應物流量為開始。雖然圖 6 所示之實施例繪示階段 620A 為具有含 Si 反應物之固定流速，但應瞭解到可採用圖中所示之任何反應物的任何合適流量（包括變動流量）。選擇性清除階段 20A 接在階段 620A 之後。在階段 630A 中，使含氮反應物流入腔室。同樣在此階段期間，將 UV 光開啓使得腔室中的氣相分子及/或表面黏結分子曝露至 UV 輻射、並且可被 UV 輻射活化。尤其，氣相含氮反應物可被 UV 輻射活化。雖然圖 6 所示之實施例繪示 UV 強度為固定，但應瞭解到其可為變動或脈衝。此外，在一些實施例中，UV 輻射可與含氮反應物流量於時間上重疊，但在其之前或之後開始或結束。循環 610A 結束於選擇性清除 30A。第二循環 610B 係繪示為包括階段 620B 和 630B、以及選擇性清除階段 20B 和 30B。

【0068】 圖 7 顯示二循環 710A 及 710B，循環 710A 包括階段 720A 後接階段 730A，並且循環 710B 包括階段 720B 後接 730B。階段 720A 及 720B 包括含 Si 反應物及含氮反應物兩者之流量，而沒有 UV。雖然未顯示，但在一些實施例中這些階段可後接選擇性清除階段。含氮反應物在階段 730A 及 730B 中持續流通，而 UV 光也在這些階段之中開啓。

【0069】 圖 8 繪示其中分別於循環 810A 及 810B 的階段 820A 及 820B 中當含矽反應物在腔室中流通時開啓 UV 光之二循環 810A 及 810B 的實施例。UV 光可活化表面黏結含 Si 分子。在一些實施例中，於流通含矽反應物與開啓 UV 輻射之間可具有延遲。在含氮反應物於階段 830A 及 830B 中流入腔室之前，選擇性清除操作 20A 及 20B 可分別接在階段 820A 及 820B 之後。各循環可以選擇性清除操作 30A 或 30B 為結束。

【0070】 圖 9 顯示其中各循環的持續時間開啓 UV 光之二循環 910A 及 910B 的範例實施例。各循環包括含矽反應物的流量（循環 910A 中的階段 920A 及循環 910B 中的階段 920B）後接選擇性清除階段（循環 910A 中

的階段 20A 及循環 910B 中的階段 20B)、以及含氮反應物的流量(循環 910A 中的階段 930A 及循環 910B 中的階段 930B)後接選擇性清除階段(循環 910A 中的階段 30A 及循環 910B 中的階段 30B)。在一些實施例中,UV 光可於循環 910A 及 910B 的部份期間關閉,例如於選擇性清除階段期間(若有執行的話)。

【0071】 圖 10 顯示其中含氮反應物在已被 UV 輻射活化之後進入反應腔室之二循環 1010A 及 1010B 的範例實施例。沉積循環 1010A 包括含 Si 反應物(階段 1020A)後接選擇性清除階段 20A。隨後使 UV 活化之含氮反應物流入其中其可與表面黏結含 Si 反應物反應而形成 SiN 層之腔室(階段 1030A)。隨後可執行選擇性清除階段 30A 來結束循環 1010A。沉積循環 1010B 包括階段 1020B 和 1030B、以及選擇性清除階段 20B 和 30B。

【0072】 圖 11 和 12 顯示其中含 Si 反應物流量、含氮反應物流量、及 UV 曝露相繼進行之沉積製程的範例三階段循環。首先,圖 11 繪示以在階段 1120A 中流通含 Si 反應物為開始之沉積循環 1110A。此後接選擇性清除 20A。接著,在階段 1140A 中開啓 UV 光源以使至少表面黏結含 Si 反應物暴露至 UV 輻射。階段 1140A 亦可後接選擇性清除階段 40A。然後,在階段 1130A 中使含氮反應物流入反應器以便與活化之表面黏結含 Si 反應物反應。形成 SiN。該循環可在此階段之後、或在選擇性清除階段 30A 之後結束。可執行額外循環以沉積所期望之厚度的 SiN 膜。

【0073】 圖 12 顯示其中以在階段 1220A 中流通含 Si 反應物為開始、後接選擇性清除 20A 之沉積循環 1210A。接著,在階段 1230A 中使含氮反應物流入反應器、後接選擇性清除階段 30A。在階段 1240A 中使反應物暴露至 UV 輻射,從而活化反應以形成 SiN。表面黏結含矽反應物及含氮反應物其中一或二者可被活化。在一些實施例中,不執行選擇性清除階段 30A,以使氣相含氮反應物可存在於階段 1240A 期間。在 UV 曝露後,可執行選擇性清除 40A,而留下 SiN 材料之固體層,並結束循環 1210A。可視需要執行額外循環以沉積所期望之厚度的膜。在一些實施例中,UV 曝露階段除了發生在階段 1230A 之後,還可發生在階段 1220A 之後及階段 1230A 之前(例如圖 11 中者)。

【0074】 圖 13 繪示其中在階段 1320A 中於 UV 輻射存在下、含 Si 反應物及含氮反應物一起流通之實施例的範例之時間進展。例如，含 Si 反應物可為 UV 穿透性，而含氮反應物被活化。這接著可在隨後受到沉積的含矽反應物上產生自由基。選擇性清除階段 20A 可接在階段 1320A 之後以完成循環 1310A。可執行一或更多額外循環。

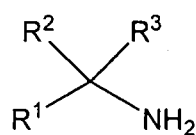
反應物

【0075】 如以上所提及，含矽反應物可包括矽烷、鹵素矽烷、或胺基矽烷。矽烷包含氫及/或碳基團，但不包含鹵素。矽烷的例子為甲矽烷 (SiH_4)、乙矽烷 (Si_2H_6)、以及如甲基矽烷、乙基矽烷、異丙基矽烷、第三丁基矽烷、二甲基矽烷、二乙基矽烷、二第三丁基矽烷、烯丙基矽烷、第二丁基矽烷、叔己基矽烷、異戊基矽烷、第三丁基乙矽烷、二第三丁基乙矽烷、及其類似之有機矽烷。鹵素矽烷包含至少一鹵素基團，並且可(或可不)包含氫及/或碳基團。鹵素矽烷的例子為碘矽烷、溴矽烷、氯矽烷、及氟矽烷。雖然鹵素矽烷(尤其氟矽烷)能形成可蝕刻矽材料之反應性鹵化物物種，但在於此所述之一些實施例中，當電漿激發時不存在含矽反應物。具體的氯矽烷為四氯矽烷 (SiCl_4)、三氯矽烷 (HSiCl_3)、二氯矽烷 (H_2SiCl_2)、一氯矽烷 (ClSiH_3)、氯烯丙基矽烷、氯甲基矽烷、二氯甲基矽烷、氯二甲基矽烷、氯乙基矽烷、第三丁基氯矽烷、二第三丁基氯矽烷、氯異丙基矽烷、氯第二丁基矽烷、第三丁基二甲基氯矽烷、叔己基二甲基氯矽烷、及其類似者。胺基矽烷包括至少一氮原子鍵結至矽原子，但亦可包含氫、氧、鹵素、及碳。胺基矽烷的例子為一、二、三、及四胺基矽烷(分別為 $\text{H}_3\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 、 $\text{H}_2\text{Si}(\text{NH}_2)_2$ 、 $\text{HSi}(\text{NH}_2)_3$ 、及 $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$)，以及例如第三丁基胺基矽烷、甲基胺基矽烷、第三丁基矽烷胺、二(第三丁基胺基)矽烷 ($\text{SiH}_2(\text{NHC}(\text{CH}_3)_3)_2$ (BTBAS))、二(二甲基胺基)二甲基矽烷以及其中碳取代矽及胺基二者之其他類似化合物、第三丁基矽烷基氨基甲酸酯、 $\text{SiH}(\text{CH}_3)-(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2$ 、 $\text{SiHCl}-(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_2$ 、 $(\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{NH})_3$ 、及其類似之經取代一、二、三、及四胺基矽烷。胺基矽烷的另一例子為三矽烷基胺 ($\text{N}(\text{SiH}_3)_3$)。根據各種實施例，含矽反應物可(或可不)為 UV 穿透性。若使用 UV 穿透性含矽反應物，則 UV 曝露通常將安排在當氮共反應物存在時以便藉由 UV

輻射活化，例如以上參考圖 5、6-7、及 9-13 所述。

【0076】 可使用任何合適的含氮反應物。在一實施例中，含氮反應物係選自由氨、聯氨、胺、及其混合物所組成的群組。在一些實施例中，含氮反應物可在氣相中被 UV 活化。範例包括 NH_3 、 NR_3 、 NR_2H 和 NRH_2 、 N_2 、以及成形氣體 (N_2/H_2)。

【0077】 在一實施例中，含氮反應物包括 C_{1-10} 烷基胺或 C_{1-10} 烷基胺之混合物。在一實施例中， C_{1-10} 烷基胺係一級烷基胺或二級烷基胺。在一實施例中， C_{1-10} 烷基胺係一級烷基胺。在一實施例中， C_{1-10} 烷基胺係根據化學式 I：



化學式 I

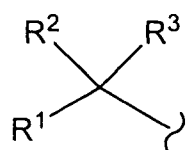
其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 之每一者係 H 或 C_{1-3} 烷基（與他者無關）；或 R^1 、 R^2 、及 R^3 之其中二者與其所接附之碳原子一起形成 C_{3-7} 環烷基，並且其餘 R^1 、 R^2 、及 R^3 係 H 或 C_{1-3} 烷基。在一實施例中， C_{1-10} 烷基胺具有直接接附至氮之二級或三級碳。在一實施例中， C_{1-10} 烷基胺係選自由異丙基胺、環丙基胺、第二丁基胺、第三丁基胺、環丁基胺、異戊基胺、2-甲基丁基-2-胺、及叔己基胺（thexylamine）（2,3-二乙基丁基-2-胺）（2,3-dimethylbutan-2-amine）所組成的群組。在一實施例中，化學式 I 之 C_{1-10} 烷基胺當中的 R^1 、 R^2 、及 R^3 之每一者係 C_{1-3} 烷基。在一實施例中， C_{1-10} 烷基胺係第三丁基胺（TBA）。可使用 TBA。

【0078】 在一些實施例中，所產生之 SiN 膜具有不適當的碳含量。此膜內碳可能導致漏電，並可能使該膜無法用於一些介電阻障層應用。碳含量會變化，但在一些實施例中大約 10% 碳（依重量）會被視為過高。於此所述之方法應對 SiN 膜中不必要的碳。於此所述之方法產生具有低於 2% 碳之 SiN 膜，在一實施例中低於 1% 碳，在又另一實施例中低於 0.5% 碳。雖然本領域中具有通常技術者所知的其他分析方法可量測在這些範圍中的碳含量，但是在一些實施例中，碳殘留物之減少可在 FTIR 光譜中輕易地觀察到。

【0079】 在一些實施例中，含氮反應物可包含可熱移除基團。可熱移除基團係在約 200 °C 與約 500 °C 之間分解成揮發性成份之基團。例如，二級和尤其三級碳基團可在此溫度範圍中進行脫去反應。在一特定的範例中，第三丁基在此溫度範圍中分解而形成異丁烯。例如，當第三丁基胺被加熱時進行脫去反應而形成異丁烯及氨。作為另一範例，第三丁基氧羰基 (t-BOC) 同樣例如在約 150 °C 下熱分解而形成異丁烯、二氧化碳、以及 t-BOC 基團所接附之自由基。例如，第三丁基氨基甲酸酯熱分解而產生異丁烯及二氧化碳。

【0080】 基板可加熱至約 200 °C 與約 550 °C 之間使得此類基團分解並釋出其碳含量，且因此降低 SiN 膜的碳含量。反應物係吸附至基板上，電漿係用以將反應物轉變成 SiN 材料。剩餘碳基團可藉由對基板加熱而移除。可在整個沉積期間或週期性地執行加熱以分解可熱移除基團。在一實施例中，基板係加熱至約 200 °C 與約 550 °C 之間、在另一實施例約 350 °C 與約 550 °C 之間、在另一實施例約 450 °C 與約 550 °C 之間、以及在另一實施例約 450 °C 與約 500 °C 之間。在例如其中使用 TBA 之實施例中，SiN 膜可加熱至約 450 °C 與約 500 °C 之間，長達約 1 秒與約 30 秒之間、或約 1 秒與約 20 秒之間、或約 1 秒與約 10 秒之間。雖然任一特定可熱移除基團在某溫度臨限值將分解，但仍可使用更高溫度以增加分解速率及/或作為回火以改善 SiN 膜的特性。

【0081】 如以上所述，可熱移除基團可包括二級或三級碳官能。含矽反應物及含氮反應物之其中一或二者可包括一或更多相同或不同的可熱移除基團。在一實施例中，可熱移除基團係根據化學式 II：



化學式 II

其中 R^1 、 R^2 、及 R^3 之每一者係 H 或 C_{1-3} 烷基（與他者無關）；或 R^1 、 R^2 、及 R^3 之其中二者與其所接附之碳原子形成 C_{3-7} 環烷基，並且其餘 R^1 、 R^2 、及 R^3 係 H 或 C_{1-3} 烷基；且其中該可熱移除基團之每一者係接附至含氮反應

物之氮或氧（當為含氮反應物之一部份時），並且係接附至含矽反應物之矽或氮或氧（當為含矽反應物之一部份時）。在一實施例中， R^1 、 R^2 、及 R^3 之每一者係 C_{1-3} 烷基（與他者無關）。在一實施例中，可熱移除基團係第三丁基。

設備

【0082】 本發明之另一實施態樣係配置成實現本文所述之方法的設備。合適的設備包括依據本發明之用於實現製程操作之硬體、以及具有用於控制製程操作之指令的系統控制器。

【0083】 應瞭解到在以上所述之一或更多實施例的情況下可採用任何合適的處理站。例如，圖 14 示意地顯示 CFD 處理站 2300。為簡單起見，CFD 處理站 2300 係繪示為具有用以維持低壓環境之處理腔室本體 2302 之獨立處理站。然而，應瞭解到複數 CFD 處理站 2300 可包括在共同的低壓處理工具環境中。雖然圖 14 所示之實施例顯示一處理站，但應瞭解到在一些實施例中複數處理站可包括在一處理工具中。例如，圖 15 繪示一多站處理工具 2400 之實施例。此外，應瞭解到在一些實施例中可藉由一或更多電腦控制器程式性地調整 CFD 處理站 2300 之一或更多硬體參數（包括以下詳述之參數）。

【0084】 CFD 處理站 2300 與用於遞送處理氣體至分配噴淋頭 2306 之反應物遞送系統 2301 流體式連通。反應物遞送系統 2301 包括用以混和及/或調節遞送至噴淋頭 2306 之處理氣體的混合容器 2304。一或更多混合容器進氣閥 2320 可控制處理氣體至混合容器 2304 之導入。

【0085】 一些反應物可在汽化並隨後遞送至處理站之前以液體形式儲存。例如，圖 14 之設備包括用於汽化欲供應至混合容器 2304 之液態反應物的汽化點 2303。在一些實施例中，汽化點 2303 可為被加熱之汽化器。從如此汽化器產生的飽和反應物蒸汽可在下游遞送管道中凝結。不相容氣體曝露至凝結的反應物可能產生小顆粒。這些小顆粒會阻塞管道、妨礙閥操作、污染基板等等。應對這些問題的一些方法涉及清除及/或排空遞送管道以移除殘留反應物。然而，清除遞送管道會增加處理站循環時間，從而降低處理站吞吐量。因此，在一些實施例中，對汽化點 2303 下游之遞送管

道進行熱追蹤。在一些範例中，同樣對混合容器 2304 進行熱追蹤。在一非限制性範例中，汽化點 2303 下游之管道具有在混合容器 2304 處從大約 100 °C 延伸至大約 150 °C 之遞增溫度曲線。

【0086】 在一些實施例中，反應物液體係於液體注入器汽化。例如，液體注入器可將液體反應物之脈衝注入在混合容器上游之載體氣體流中。在一實施例中，液體注入器藉由將液體從較高壓力急驟蒸發至較低壓力來使反應物汽化。在另一實施例中，液體注入器使液體霧化成分散微滴，分散微滴隨後在加熱遞送管道中汽化。應瞭解到較小液滴可比較大液滴更快汽化，從而縮短液體注入和完全汽化之間的延遲。更快的汽化可減短自汽化點 2303 下游管道的長度。在一實施例中，液體注入器係直接安裝至混合容器 2304。在另一實施例中，液體注入器係直接安裝至噴淋頭 2306。

【0087】 在一些實施例中，汽化點 2303 上游之液體流量控制器係設置以控制汽化並遞送至處理站 2300 之液體的質流。在一範例中，液體流量控制器（LFC）包括位於 LFC 下游之熱質流計（MFM，thermal mass flow meter）。LFC 之活塞閥係因應由與 MFM 電性連通之比例-積分-微分（PID）控制器所提供之反饋控制信號而調整。然而，利用反饋控制來使液體流量穩定需要 1 秒鐘或更久。這會延長施用液體反應物的時間。因此，在一些實施例中，LFC 係於反饋控制模式及直接控制模式之間作動態切換。在一些實施例中，LFC 藉由停用 LFC 的感測管及 PID 控制器而從反饋控制模式動態切換至直接控制模式。

【0088】 噴淋頭 2306 朝基板 2312 分配處理氣體。在圖 14 所示的實施例中，基板 2312 係設置在噴淋頭 2306 下方，並且如所示般置於基座 2308 上。應瞭解到噴淋頭 2306 可具有任何合適的形狀，並且可具有用於分配處理氣體至基板 2312 之任何合適的數目及配置之埠口。

【0089】 在一些實施例中，微體積 2307 係位在噴淋頭 2306 下方。在微體積中（而非在處理站的整個體積中）執行 CFD 製程可縮短反應物曝露及清除時間、可縮短修改 CFD 製程條件（例如壓力、溫度等等）的時間、可限制處理站機械臂曝露至處理氣體等等。範例微體積大小包括但不限於介於 0.1 公升與 2 公升之間的體積。

【0090】 在一些實施例中，基座 2308 可上升或下降以使基板 2312 曝露至微體積 2307 及/或改變微體積 2307 的體積。例如，在基板搬運階段中，降下基座 2308 以允許基板 2312 裝載至基座 2308 上。於 CFD 製程階段期間，升高基座 2308 以使基板 2312 位於微體積 2307 之內。在一些實施例中，微體積 2307 完全圍住基板 2312 以及部份基座 2308 以便在 CFD 製程期間產生高流阻。

【0091】 選擇性地，基座 2308 可於部份 CFD 製程期間下降及/或上升以調節微體積 2307 內的處理壓力、反應物濃度等等。在其中處理腔室本體 2302 於 CFD 製程期間保持在基礎壓力之實施例中，降下基座 2308 允許排空微體積 2307。微體積對處理腔室體積之範例比率包括但不限於介於 1：500 與 1：10 之間的體積比。應瞭解到在一些實施例中的基板高度可藉由合適的電腦控制器而程式性地調整。

【0092】 在另一實施例中，調整基座 2308 的高度允許於包括在 CFD 製程中的電漿活化及/或處理循環期間修改電漿密度。在 CFD 製程階段結束時，於另一基板搬運階段期間降下基座 2308 以允許從基座 2308 移開基板 2312。

【0093】 雖然於此所述之微體積變化涉及可調整高度之基座，但應瞭解在一些實施例中，噴淋頭 2306 的位置可相對基座 2308 作調整以改變微體積 2307 的體積。此外，應瞭解到基座 2308 及/或噴淋頭 2306 的垂直位置可藉由任何合適的機制來改變。本領域中具有通常技術者將瞭解到如此機制將包括例如液壓、氣壓、彈簧機構、螺線管、及其類似者。在一些實施例中，基座 2308 可包括例如沿著垂直基板表面的軸而使基板 2312 順著一方向旋轉之旋轉機制。應瞭解在一實施例中，這些範例性調整之一或多者可藉由一或更多合適的電腦控制器而程式性地執行。

【0094】 回到圖 14 所示之實施例，噴淋頭 2306 及基座 2308 與 RF 電力供應 2314 及匹配網路 2316 電性連通以便對電漿供電。在一些實施例中，電漿能量係藉由控制處理站壓力、氣體濃度、RF 源功率、RF 源頻率、及電漿電力脈衝時序其中一或多者而加以控制。例如，RF 電力供應 2314 及匹配網路 2316 可操作在任何合適功率以形成具有期望之自由基物種組成

物的電漿。合適功率的例子包括但不限於 100 W 與 5000 W 之間的功率。同樣地，RF 電力供應 2314 可提供任何合適頻率的 RF 功率。在一些實施例中，RF 電力供應 2314 可配置成彼此獨立地控制高頻及低頻 RF 電源。範例性低頻 RF 頻率可包括但不限於 50 kHz 與 500 kHz 之間的頻率。範例性高頻 RF 頻率可包括但不限於 1.8 MHz 與 2.45 GHz 之間的頻率。應瞭解到可離散地或連續地調整任何合適參數以提供用於表面反應之電漿能量。在一非限制性範例中，相對於連續地對電漿供電，可間歇地以脈衝輸送電漿電力以降低基板表面之離子轟擊。

【0095】 在一些實施例中，藉由一或更多電漿監測器來原位監測電漿。在一實施例中，藉由一或更多電壓、電流感測器(例如 VI 探針)來監測電漿功率。在另一實施例中，藉由一或更多光學放射光譜感測器(OES)來量測電漿密度及/或處理氣體濃度。在一些實施例中，基於從如此原位電漿監測器之量測來程式性地調整一或更多電漿參數。例如，可在回饋迴路中使用 OES 感測器以提供電漿電力之程式控制。將瞭解到在一些實施例中可使用其他監測器來監測電漿及其他製程特性。如此之監測器可包括但不限於紅外線(IR)監測器、聲學監測器、及壓力轉換器。

【0096】 在一些實施例中，電漿係經由輸入/輸出控制 (IOC) 定序指令來加以控制。例如，用以設定電漿處理階段之電漿條件的指令可包括在 CFD 製程配方的對應電漿活化配方階段中。在一些實施例中，可依序安排製程配方階段使得關於 CFD 製程階段的所有指令與該處理階段同時執行。將瞭解到電漿產生的一些實施態樣可具有可能延長電漿處理階段之良好特徵化之暫態及/或穩定時間。換言之，如此時間延遲係可預料的。如此時間延遲可包括激發電漿的時間、以及使電漿穩定在提出之電力設定的時間。

【0097】 在一些實施例中，可經由加熱器 2310 對基座 2308 進行溫度控制。此外，在一些實施例中，可藉由蝶形閥 2318 提供對 CFD 處理站 2300 之壓力控制。如圖 14 所示，蝶形閥 2318 調節由下游真空泵(未顯示)所提供之真空。然而，在一些實施例中，亦可藉由改變一或更多導入至 CFD 處理站 2300 之氣體的流速來調整處理站 2300 之壓力控制。

【0098】 如以上所述，一多站處理工具中可包含一或更多處理站。圖

15 顯示具有入站裝載鎖 2402 及出站裝載鎖 2404(其中一或二者可包含遠端電漿源)之多站處理工具 2400 的示意圖。一處於大氣壓力下之機械臂 2406 係配置成將來自經由箱體 2408 載入之卡匣的晶圓經由大氣口 2410 移動至入站裝載鎖 2402 中。藉由機械臂 2406 將晶圓放置在入站裝載鎖 2402 中的基座 2412 上、關閉大氣口 2410、並且將裝載鎖抽空。在導入處理腔室 2414 之前可使晶圓曝露至裝載鎖中的遠端電漿處理，其中入站裝載鎖 2402 包含遠端電漿源。此外，同樣地亦可在入站裝載鎖 2402 中對晶圓加熱（例如去除水分及吸附氣體）。接著，開啓通至處理腔室 2414 之腔室運送口 2416，並且另一機械臂(未顯示)將晶圓置入反應器中之該反應器所示第一站的基座上以供處理。雖然圖 15 所示之實施例包括裝載鎖，但應瞭解到在一些實施例中可提供晶圓至處理站之直接進入。

【0099】 所繪示之處理腔室 2414 包含四處理站，在圖 15 所示之實施例中編號從 1 到 4。各站具有加熱基座(顯示在站 1 之 2418 處)、以及氣體管線入口。應瞭解到在一些實施例中，各處理站可具有不同或多個用途。例如，在一些實施例中，處理站可於 CFD 及 PECVD 製程模式之間切換。附加或選擇性地，在一些實施例中，處理腔室 2414 可包括一或更多 CFD 及 PECVD 處理站之匹配對。再者，在一些實施例中，處理腔室 2414 可包括一或更多 UV 硬化站或遠端電漿處理站。雖然繪示之處理腔室 2414 包含四站，但應瞭解到根據本揭露內容之處理腔室可具有任何合適數目的站。舉例而言，在一些實施例中處理腔室可具有五或更多站，而在其他實施例中處理腔室可具有三或更少站。

【0100】 圖 15 亦繪示用於在處理腔室 2414 內運送晶圓之晶圓搬運系統 2490 的實施例。在一些實施例中，晶圓搬運系統 2490 可在各個處理站之間及/或處理站與裝載鎖之間運送晶圓。應瞭解到可採用任何合適的晶圓搬運系統。非限制性的範例包含晶圓傳送帶及晶圓搬運機械臂。圖 15 亦繪示用以控制處理工具 2400 之製程條件及硬體狀態之系統控制器 2450。系統控制器 2450 可包含一或更多記憶體裝置 2456、一或更多大量儲存裝置 2454、以及一或更多處理器 2452。處理器 2452 可包括 CPU 或電腦、類比及/或數位輸入/輸出連接、步進馬達控制器板等等。

【0101】 在一些實施例中，系統控制器 2450 控制處理工具 2400 的所有活動。系統控制器 2450 執行儲存在大量儲存裝置 2454 中、載入至記憶體裝置 2456、並於處理器 2452 上執行之系統控制軟體 2458。系統控制軟體 2458 可包括用以控制由處理工具 2400 執行之特定製程的計時、氣體混合、腔室及/或站壓力、腔室及/或站溫度、晶圓溫度、目標功率位準、RF 功率位準、基板基座、夾盤及/或晶座位置、以及其他參數之指令。系統控制軟體 2458 可以任何合適的方式來配置。例如，可寫入各種處理工具元件子程式或控制目標程式以控制實行各種處理工具製程必要之處理工具元件的操作。系統控制軟體 2458 可用任何合適的電腦可讀程式語言予以編碼。

【0102】 在一些實施例中，系統控制軟體 2458 可包括用以控制以上所述之各種參數的輸入/輸出控制(IOC)定序指令。例如，CFD 製程的每一階段可包括供系統控制器 2450 執行之一或更多指令。用以設定 CFD 製程階段之製程條件的指令可包括在對應的 CFD 配方階段中。在一些實施例中，可依序安排 CFD 製程階段使得關於 CFD 製程的所有指令皆與該製程階段同時執行。

【0103】 在一些實施例中，可採用儲存在與系統控制器 2450 相關聯之大量儲存裝置 2454 及/或記憶體裝置 2456 上的其他電腦軟體及/或程式。用於此用途之程式或程式片段的範例包括基板定位程式、處理氣體控制程式、壓力控制程式、加熱器控制程式、以及電漿控制程式。

【0104】 基板定位程式可包括用於將基板裝載至基座 2418 上並且控制基板與處理工具 2400 其他部份之間間距之處理工具元件的程式碼。

【0105】 處理氣體控制程式可包括用於控制氣體成分和流速、以及選擇性地用於在沉積之前使氣體流入一或更多處理站以使處理站中之壓力穩定的編碼。壓力控制程式可包括藉由調節例如處理站之排氣系統中的節流閥、進入處理站之氣體流量等等以控制處理站中之壓力的編碼。

【0106】 加熱器控制程式可包括用於控制通到用以加熱基板之加熱單元之電流的編碼。或者，加熱器控制程式可控制熱傳送氣體(如氮)至基板之遞送。

【0107】 電漿控制程式可包括用於設定施加至一或更多處理站中之

處理電極之 RF 電力位準的編碼。

【0108】 在一些實施例中，可具有與系統控制器 2450 相關聯之使用者介面。使用者介面可包括顯示螢幕、設備及/或製程條件之圖形軟體顯示器、以及如指標裝置、鍵盤、觸控螢幕、麥克風等等之使用者輸入裝置。

【0109】 在一些實施例中，由系統控制器 2450 調整之參數可與製程條件有關。非限制性範例包括處理氣體成分及流速、溫度、壓力、電漿條件(如 RF 偏壓電力位準)、壓力、溫度等等。這些參數可以其可利用使用者介面輸入之配方的形式提供給使用者。

【0110】 用來監測製程之信號可從各個處理工具感測器藉由系統控制器 2450 之類比及/或數位輸入連接來提供。用來控制製程之信號可輸出到處理工具 2400 之類比及數位輸出連接上。可受監測之處理工具感測器的非限制性範例包括質量流量控制器、壓力感測器(如壓力計)、熱電偶等等。適當程式化回饋及控制演算法可與來自這些感測器的資料一起使用以維持製程條件。

【0111】 系統控制器 2450 可提供用以實施上述沉積製程的程式指令。程式指令可控制如 DC 電力位準、RF 偏壓電力位準、壓力、溫度等等之各種製程參數。該指令可控制該參數以操作根據本文所述之各種實施例之膜堆疊的原位沉積。

【0112】 系統控制器通常將包括配置以執行指令之一或更多記憶體裝置以及一或更多處理器，使得設備能執行依據本發明之方法。包含依據本發明來控制處理操作之指令的機器可讀媒體可耦接至系統控制器。

範例

【0113】 二(二甲基胺基)二甲基矽烷及 N-反應物根據於此所述之實施例藉由 UV 及遠端電漿輔助方法而反應形成含 Si 膜。使用具有四站(每站包括一 UV 燈)之 UV 硬化設備。製程順序如下：

【0114】 UV ALD：二(二甲基胺基)二甲基矽烷曝露在站 1 及 3 上 (UV 燈關閉)、UV 與 NH_3 曝露在站 2 及 4 上。順序：二(二甲基胺基)二甲基矽烷曝露→清除→指向下一站→在 NH_3 之中開啓 UV→清除→指向下一站。在 2 mL/分鐘的流量、具有 1 slm 載體 (Ar) 於站 1 及 3 的情況下，

典型的二（二甲基胺基）二甲基矽烷曝露時間為 20 秒。允許晶圓浸泡在站 1 及 3 中達 60 秒。基於 SiNC 高峰的寬度，而很可能出現帶有 C 之包含 SiN 的膜。顯著數量的 N-H 及 Si-H 二者皆出現。

【0115】 遠端電漿 ALD：二（二甲基胺基）二甲基矽烷曝露在站 3 及 4 上、遠端電漿與 NH_3 (+Ar) 曝露在站 1 及 2 上。所有站上的 UV 燈都關閉。利用 Astron (20 秒曝露) 而使 1 slm NH_3 /5 slm Ar 用以遠端產生 NH_x 自由基。順序：二（二甲基胺基）二甲基矽烷曝露→清除→指向二個站→遠端電漿 NH_3 →清除→指向二個站。允許晶圓浸泡在站 3 及 4 中達 60 秒。膜主要為 SiN 膜，帶有可容許的碳含量。不存在 Si-H 鍵結。(從 20 秒) 縮短 RP 時間至 5 秒對膜厚度或膜品質沒有影響。

圖案化方法/設備：

【0116】 於此所述之設備/製程可與例如用於製作或製造半導體裝置、顯示器、LED、光伏板、及其類似之微影圖案化工具或製程結合使用。通常(儘管非必然)，如此之工具/製程將在共同的製作設施中一起使用或實施。膜之微影圖案化通常包含部份或所有以下步驟(用一些合適的工具來實現每一步驟)：(1)使用旋塗或噴塗工具在工作件(即基板)上塗佈光阻；(2)使用熱板或加熱爐或 UV 硬化工具使光阻硬化；(3)用例如晶圓步進機之工具使光阻曝露至可見或 UV 或 x 射線光；(4)使用如濕式工作檯之工具使光阻顯影以選擇性地移除光阻並從而將其圖案化；(5)藉由使用乾式或電漿輔助蝕刻工具將光阻圖案轉移至下方膜或工作件中；以及(6)使用如 RF 或微波電漿光阻剝除器之工具來移除光阻。在一實施例中，利用本文所述之方法來形成 SiN 膜。SiN 膜係用於例如本文所述其中之一目的。此外，該方法包括以上所述步驟(1)-(6)其中之一或更多者。

【符號說明】

20A、20B 清除階段

30A、30B 清除階段

40A 清除階段

100 製程

110A、110B 沉積循環
120A、120B 反應物 A 曝露階段
130 反應物 A 後飽和曝露時間
140A、140B 反應物 B 曝露階段
150 反應物 B 後飽和曝露時間
160A、160B 清除階段
180A、180B 活化階段
190 後飽和曝露時間
200 製程
210A、210B 沉積循環
220A、220B 反應物 A 曝露階段
230 反應物 A 後飽和曝露時間
240A、240B 反應物 B 曝露階段
250 反應物 B 後飽和曝露時間
260A、260B 清除階段
280A、280B 活化階段
290 後飽和曝露時間
300 製程流程
305、310、315、320、325、330 操作
400 製程流程
405、410、415、420、425、430 操作
500 製程流程
505、510、515、520 操作
610A、610B 循環
620A、620B、630A、630B 階段
710A、710B 循環
720A、720B、730A、730B 階段
810A、810B 循環
820A、820B、830A、830B 階段

910A、910B 循環

920A、920B、930A、930B 階段

1010A、1010B 循環

1020A、1020B、1030A、1030B 階段

1110A 循環

1120A、1130A、1140A 階段

1210A 循環

1220A、1230A、1240A 階段

1310A 循環

1320A 階段

2300 處理站

2301 反應物遞送系統

2302 處理腔室本體

2303 汽化點

2304 混合容器

2306 噴淋頭

2307 微體積

2308 基座

2310 加熱器

2312 基板

2314 RF 電力供應

2316 匹配網路

2318 蝶形閥

2320 混合容器進氣閥

2400 多站處理工具

2402 入站裝載鎖

2404 出站裝載鎖

2406 機械臂

2408 箱體

- 2410 大氣口
- 2412 基座
- 2414 處理腔室
- 2416 腔室運送口
- 2418 加熱基座
- 2450 系統控制器
- 2452 處理器
- 2454 大量儲存裝置
- 2456 記憶體裝置
- 2458 系統控制軟體
- 2490 晶圓搬運系統

申請專利範圍

1. 一種方法，包含：

將基板設置至反應腔室；以及執行一或更多沉積循環以沉積含矽膜，各循環包含：

(a)將該基板曝露至一氣相流量之含氮反應物；

(b)將該基板曝露至一氣相流量之含矽反應物；以及

(c)將該氣相流量之該含氮反應物而非該氣相流量之該含矽反應物曝露至紫外光輻射。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中於週期性曝露至該氣相流量之該含矽前驅物期間，該基板係曝露至該氣相流量之該含氮反應物。

3. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中於週期性曝露至該氣相之該含矽前驅物期間，該基板係不曝露至該氣相流量之該含氮反應物。

4. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該氣相流量之該含氮反應物係於該反應腔室中曝露至紫外光輻射。

5. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該氣相流量之該含氮反應物係於該腔室的上游曝露至紫外光輻射。

6. 如申請專利範圍第 1 項其中任一項之方法，其中該含矽反應物係選自由矽烷、鹵素矽烷、及胺基矽烷、以及其混合物所組成的群組。

7. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中該含矽反應物係包括 Si 及胺基上的含碳取代基之胺基矽烷。

8. 如申請專利範圍第 1-5 項其中任一項之方法，其中該含氮反應物係選自由氨、聯氨、胺、以及其混合物所組成的群組。

9. 如申請專利範圍第 1-5 項其中任一項之方法，其中該含矽膜係選自由 SiN、SiCN、SiON、或 SiONC 所組成的群組。
10. 如申請專利範圍第 1-5 項其中任一項之方法，其中該含矽膜係 SiCN。
11. 一種方法，包含：
將基板設置至反應腔室；以及執行一或更多沉積循環以沉積含矽膜，各循環包含：
 - (a)用遠端電漿源使一氣相流量之含氮反應物活化；
 - (b)將該基板曝露至被活化之該含氮反應物；以及
 - (c)將該基板曝露至一氣相流量之含矽反應物。
12. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中於週期性曝露至該氣相流量之該含矽前驅物期間，該基板係曝露至該氣相流量之該含氮反應物。
13. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中於週期性曝露至該氣相之該含矽前驅物期間，該基板係不曝露至該氣相流量之該含氮反應物。
14. 如申請專利範圍第 11-13 項其中任一項之方法，其中該含矽反應物係選自由矽烷、鹵素矽烷、及胺基矽烷、以及其混合物所組成的群組。
15. 如申請專利範圍第 13 項之方法，其中該含矽反應物係包括 Si 及胺基上的含碳取代基之胺基矽烷。
16. 如申請專利範圍第 11-13 項其中任一項之方法，其中該含氮反應物係選自由氨、聯氨、胺、以及其混合物所組成的群組。
17. 如申請專利範圍第 11-13 項其中任一項之方法，其中該含矽膜係選自由

SiN、SiCN、SiON、或 SiONC 所組成的群組。

18. 如申請專利範圍第 11-13 項其中任一項之方法，其中該含矽膜係 SiCN。

19. 一種在半導體晶圓上沉積氮化矽膜之設備，該設備包含：

(a)反應腔室；

(b)紫外光輻射源；

(c)反應物入口；以及

(d)控制器，包含以下步驟之指令：

使一氣相流量之含氮反應物流入該反應腔室；

使一氣相流量之含矽反應物流入該反應腔室；以及

將該氣相流量之該含氮反應物而非該氣相流量之該含矽反應物曝露至紫外光輻射。

20. 一種在半導體晶圓上沉積氮化矽膜之設備，該設備包含：

(a)反應腔室；

(b)電漿源，遠端於該反應腔室；

(c)反應物入口；以及

(d)控制器，包含以下步驟之指令：

使一氣相流量之含氮反應物流入該遠端電漿腔室；

使活化之含氮物種從該遠端電漿產生器流至該反應腔室；以及

使一氣相流量之含矽反應物流入該反應腔室。

圖式

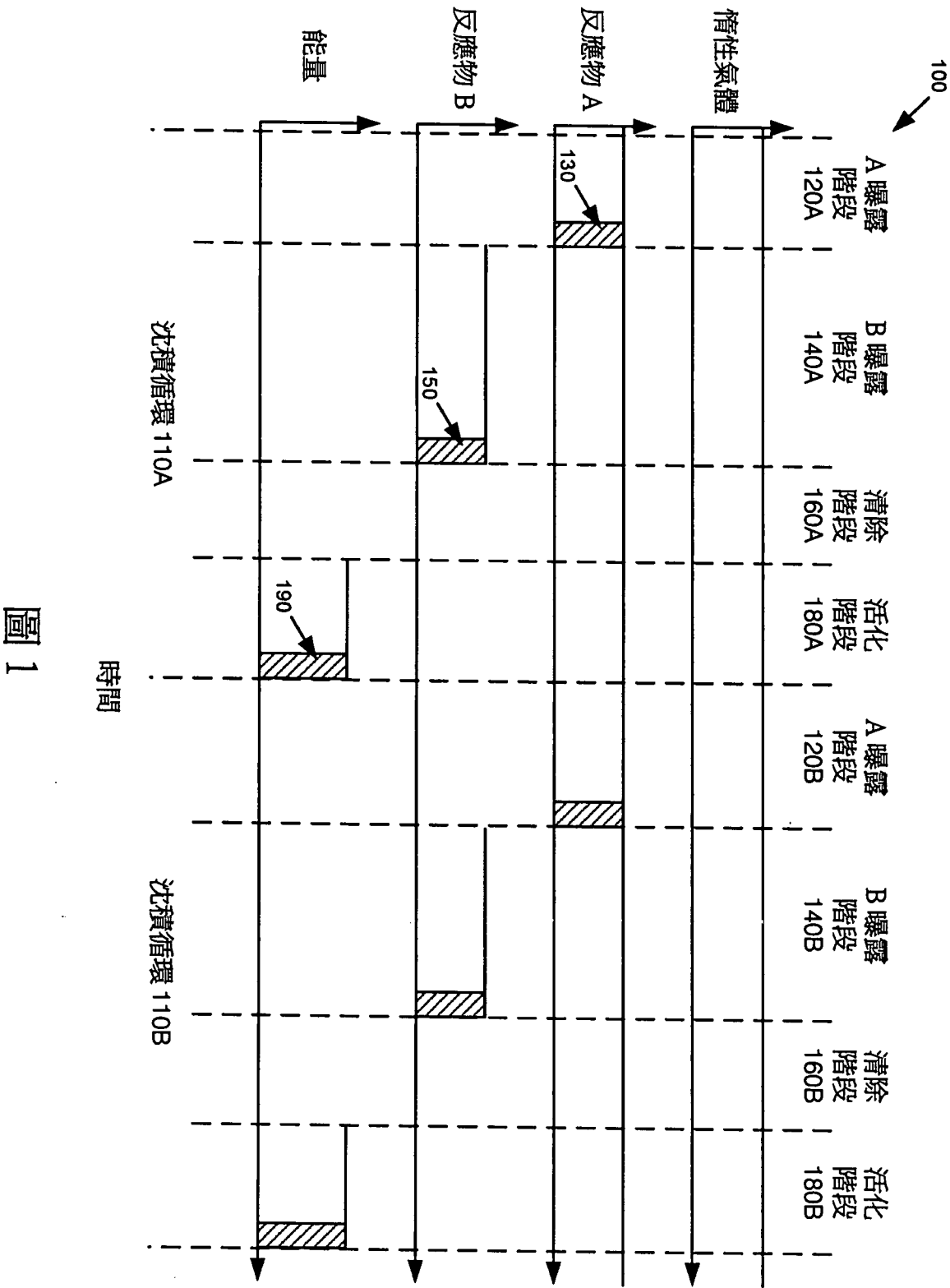
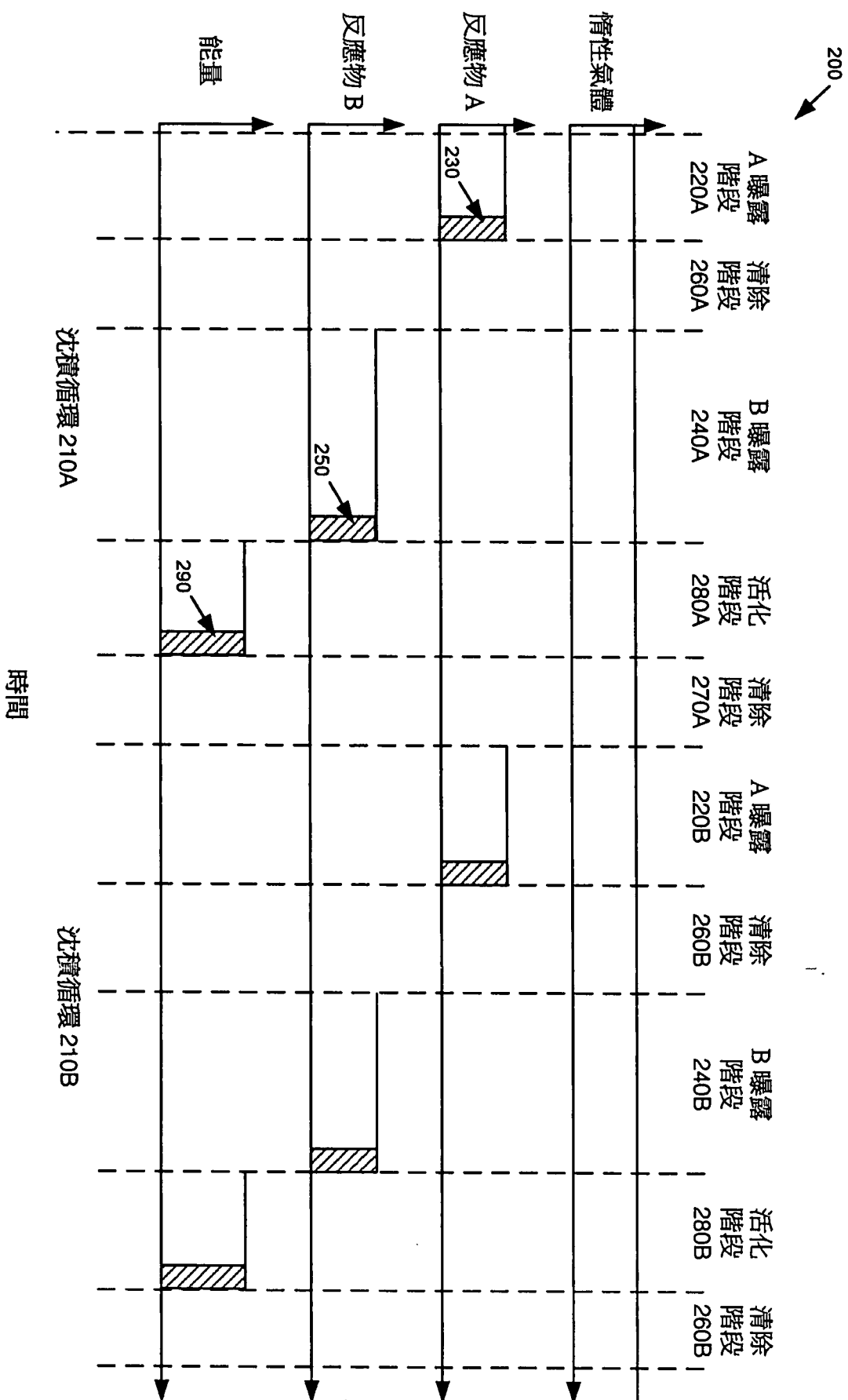


圖 1



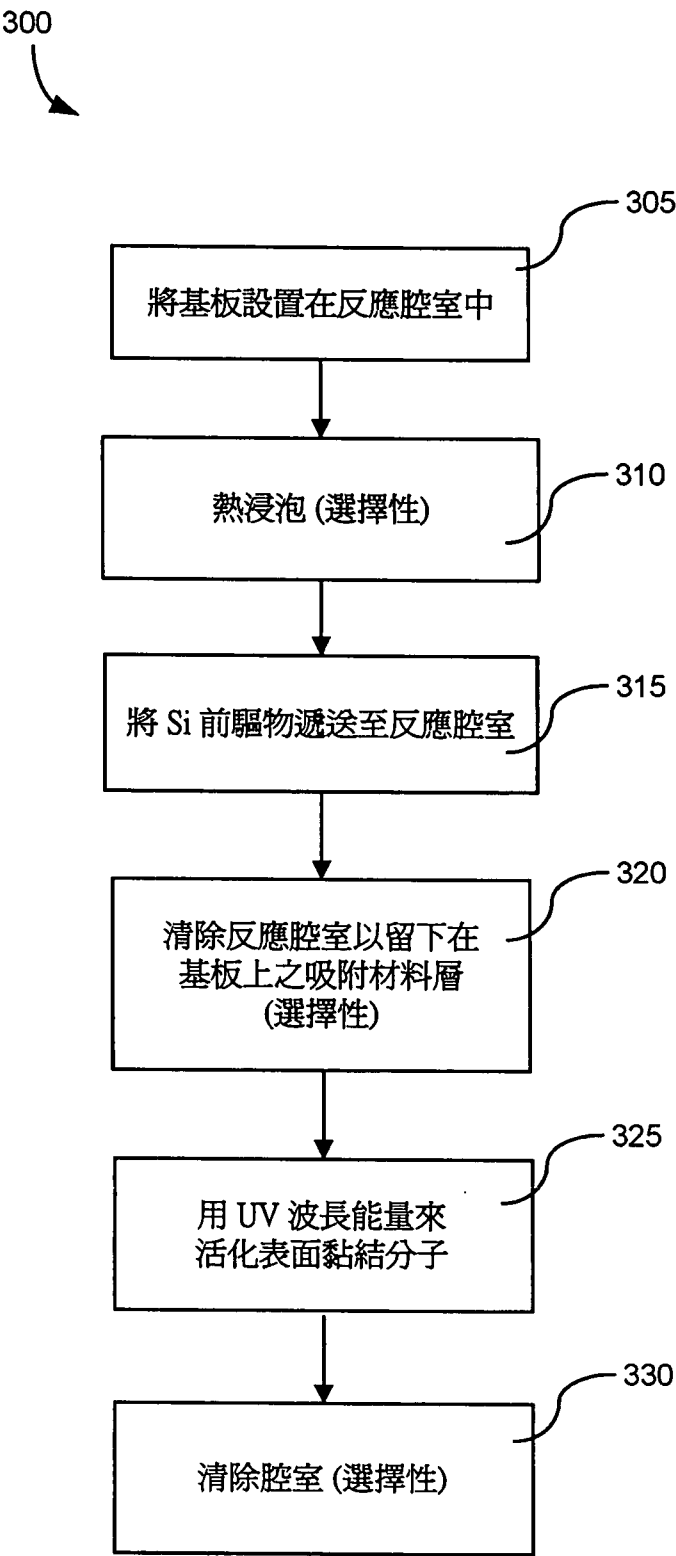


圖 3

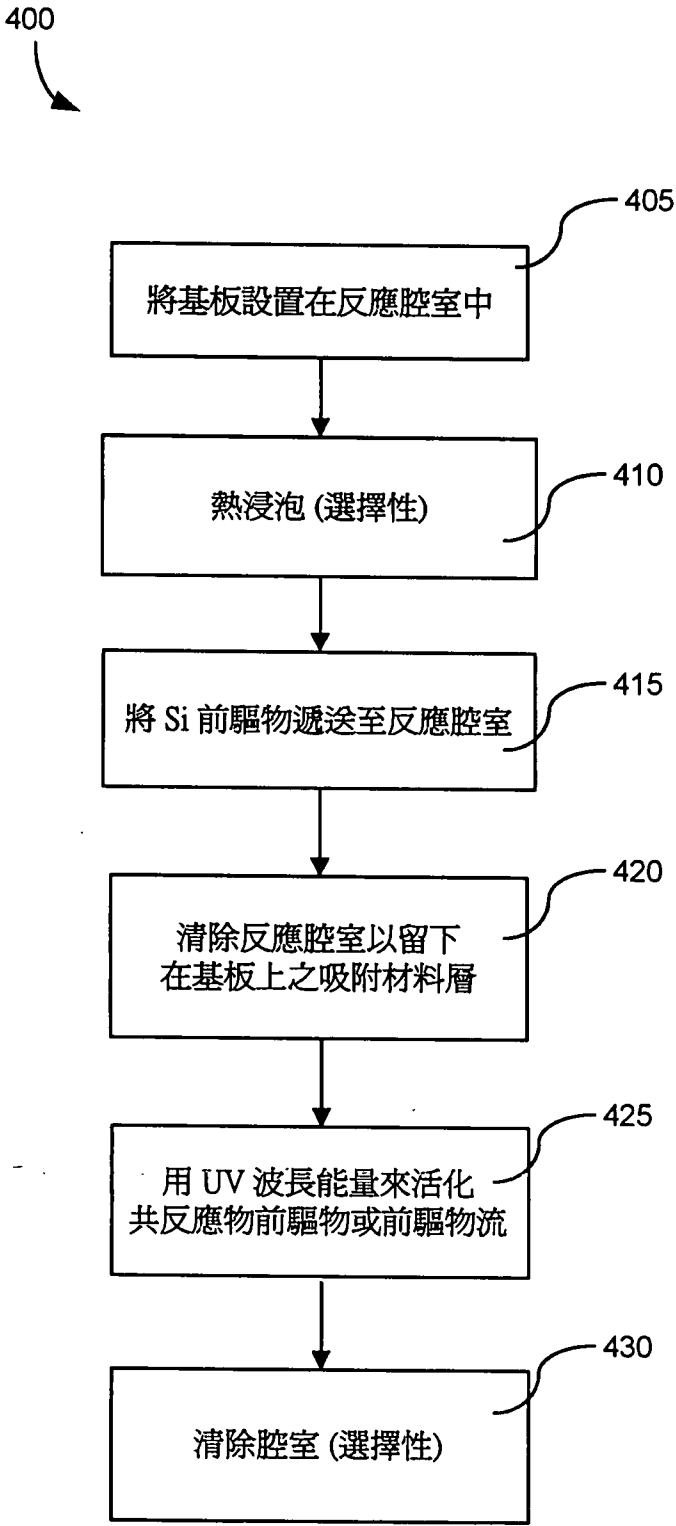


圖 4

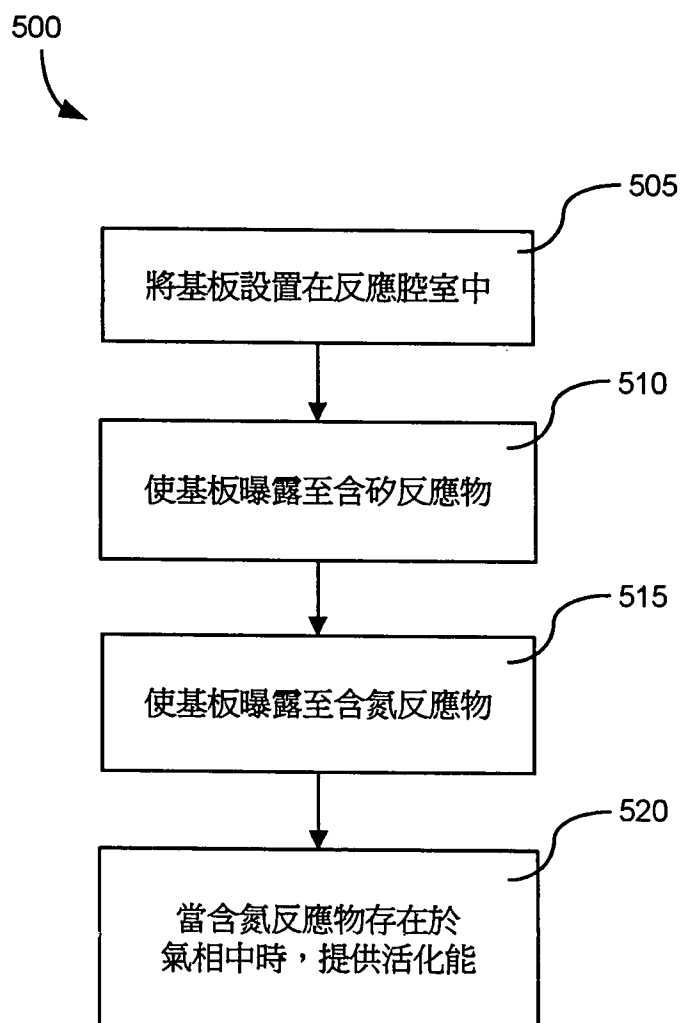


圖 5

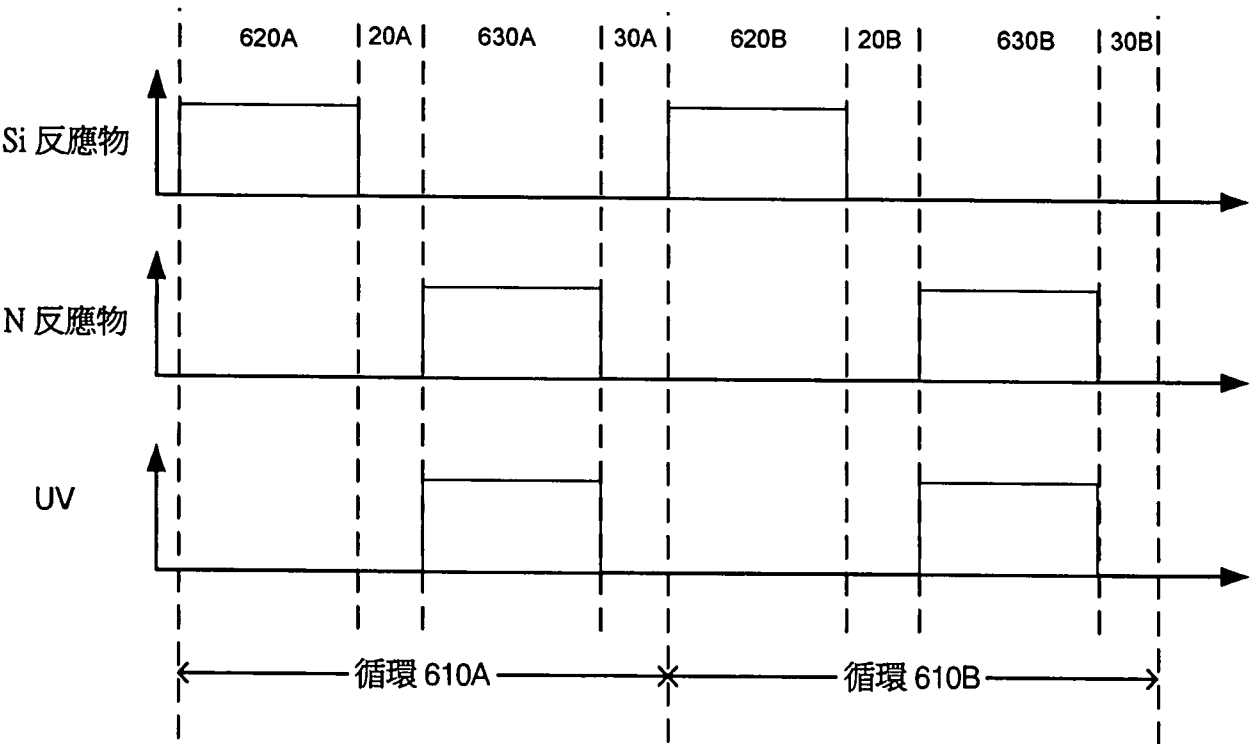


圖 6

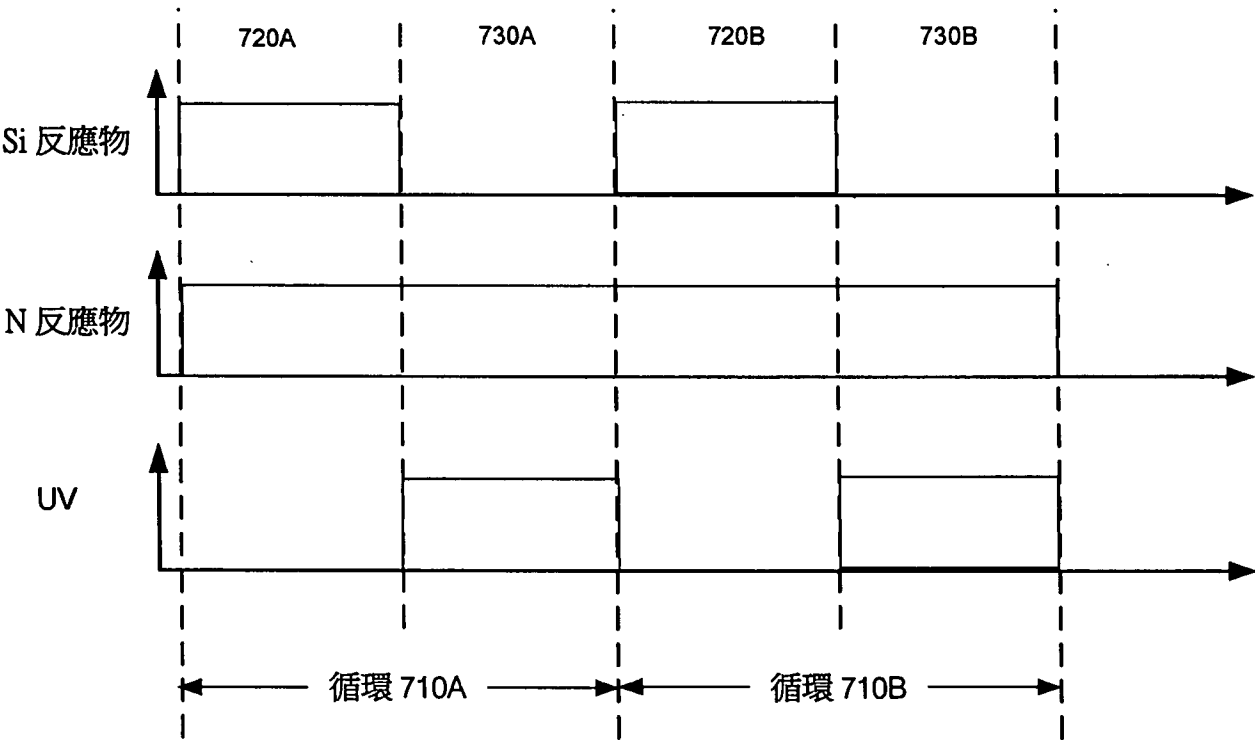


圖 7

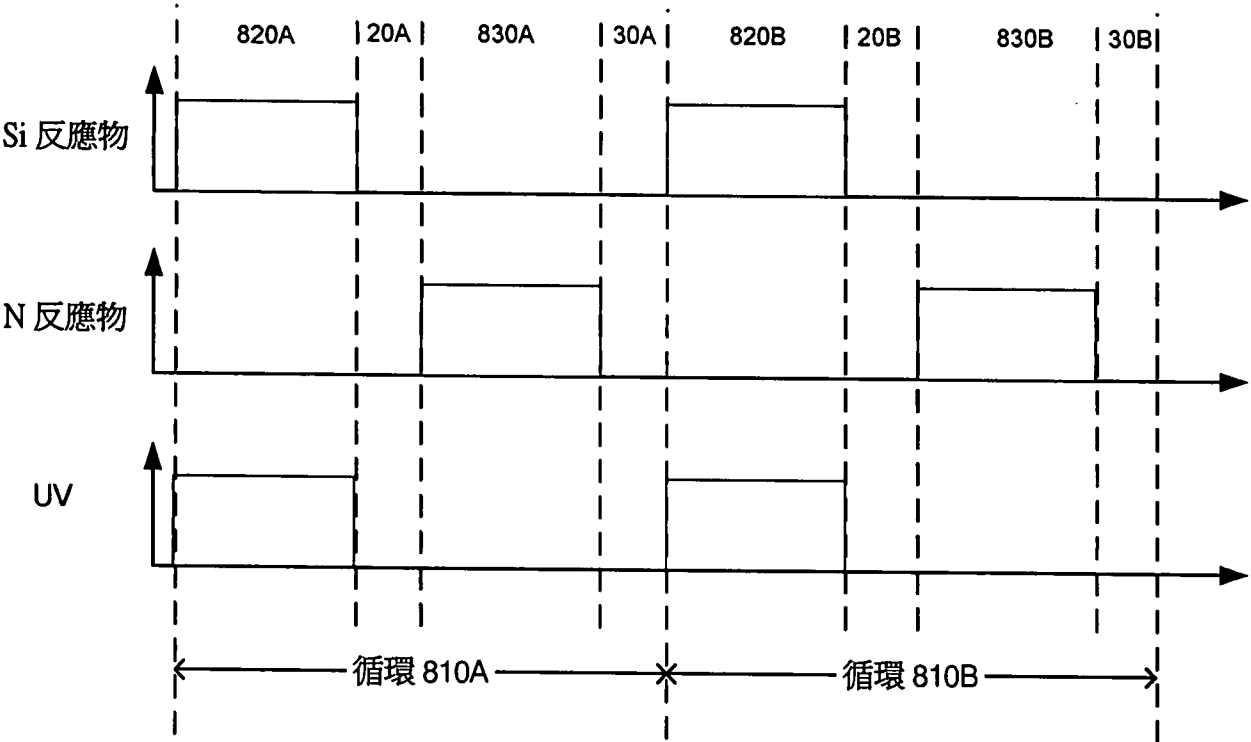


圖 8

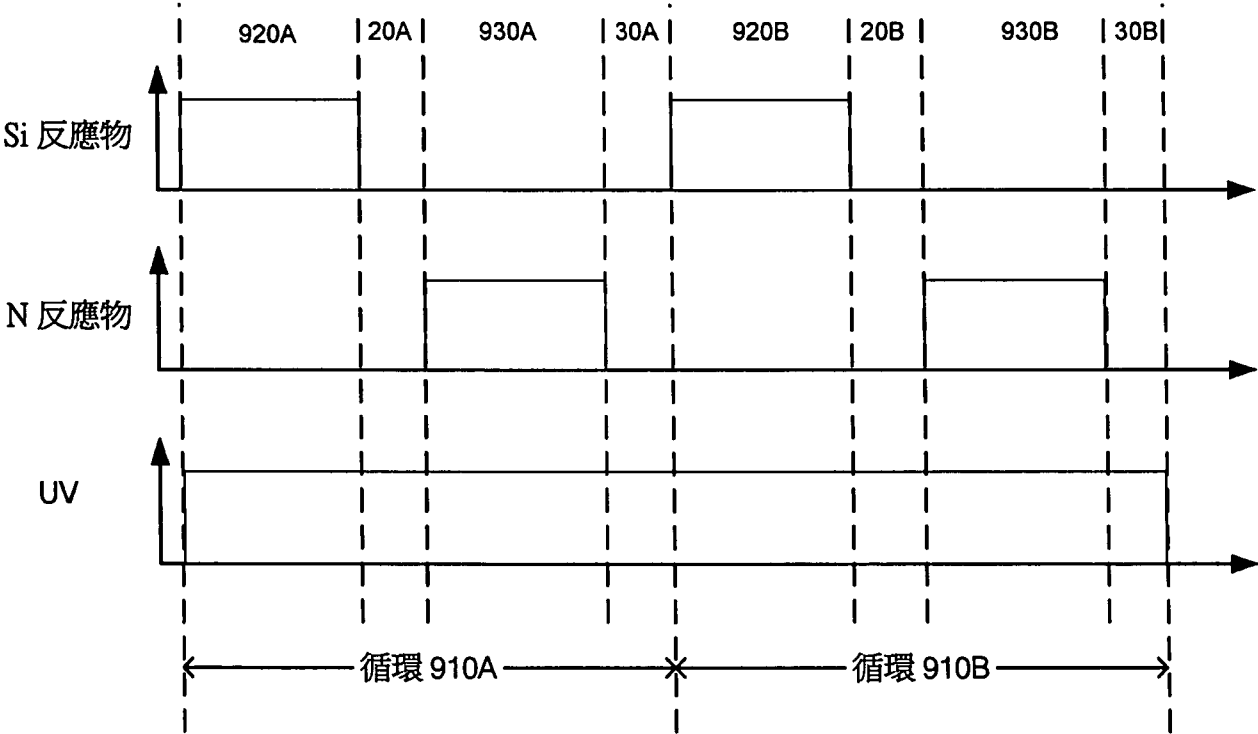


圖 9

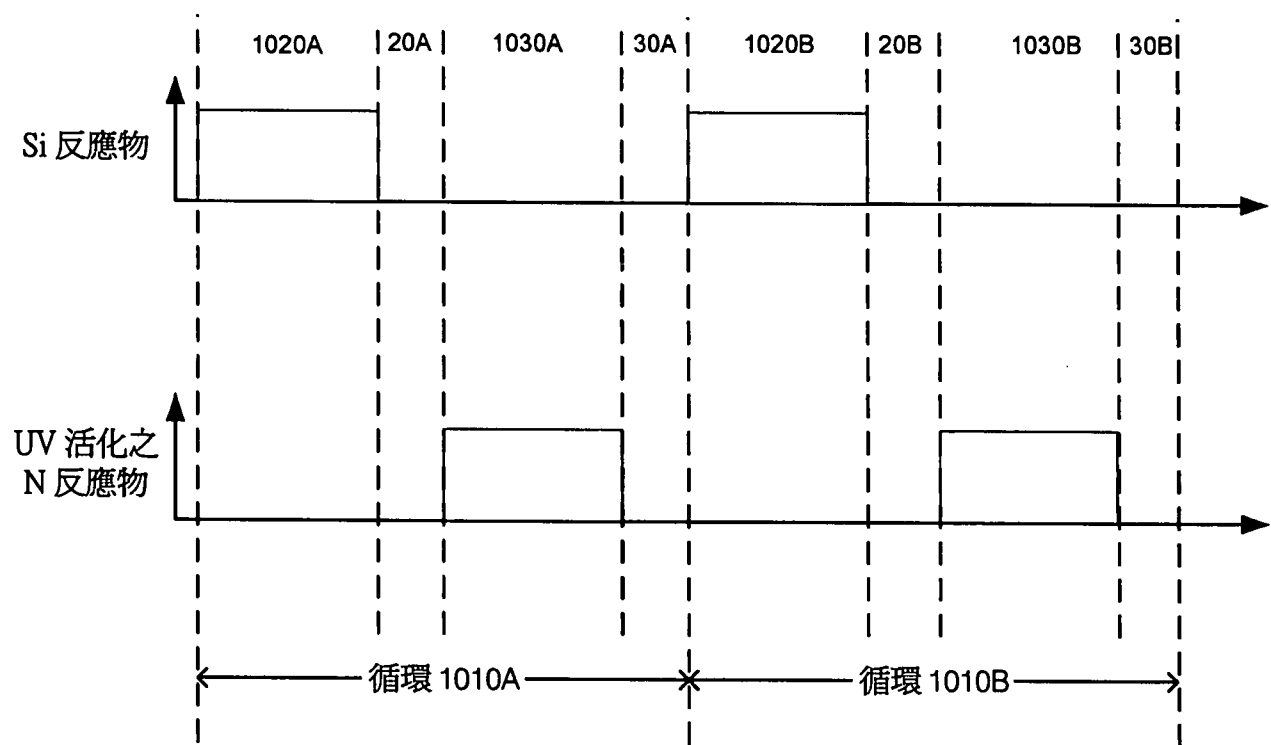


圖 10

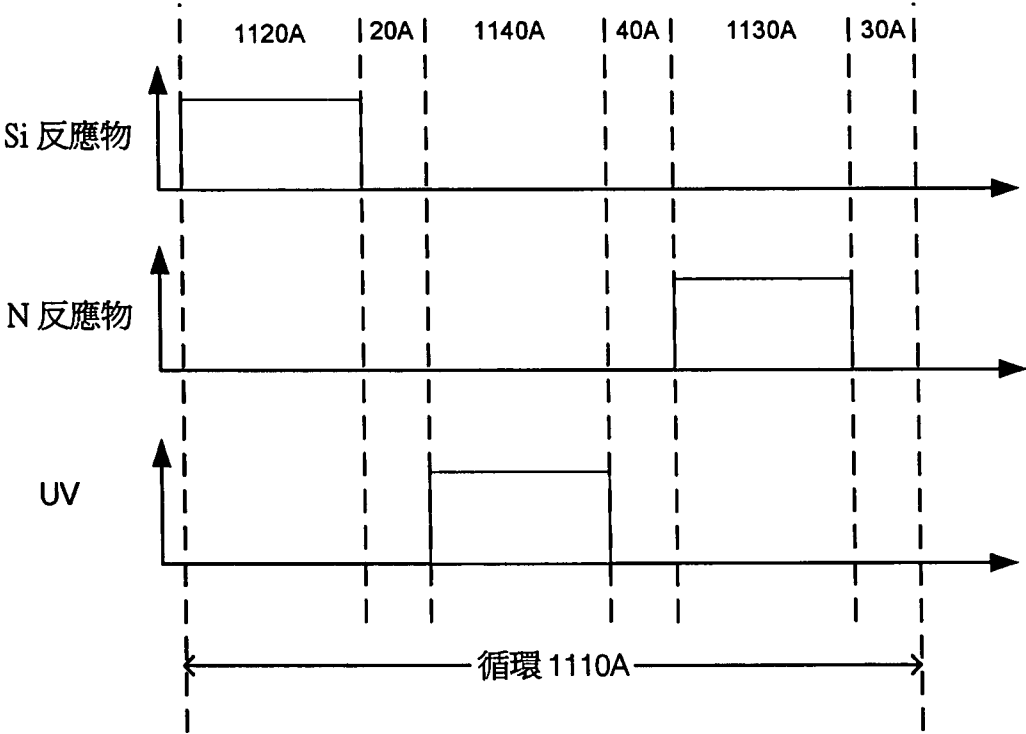


圖 11

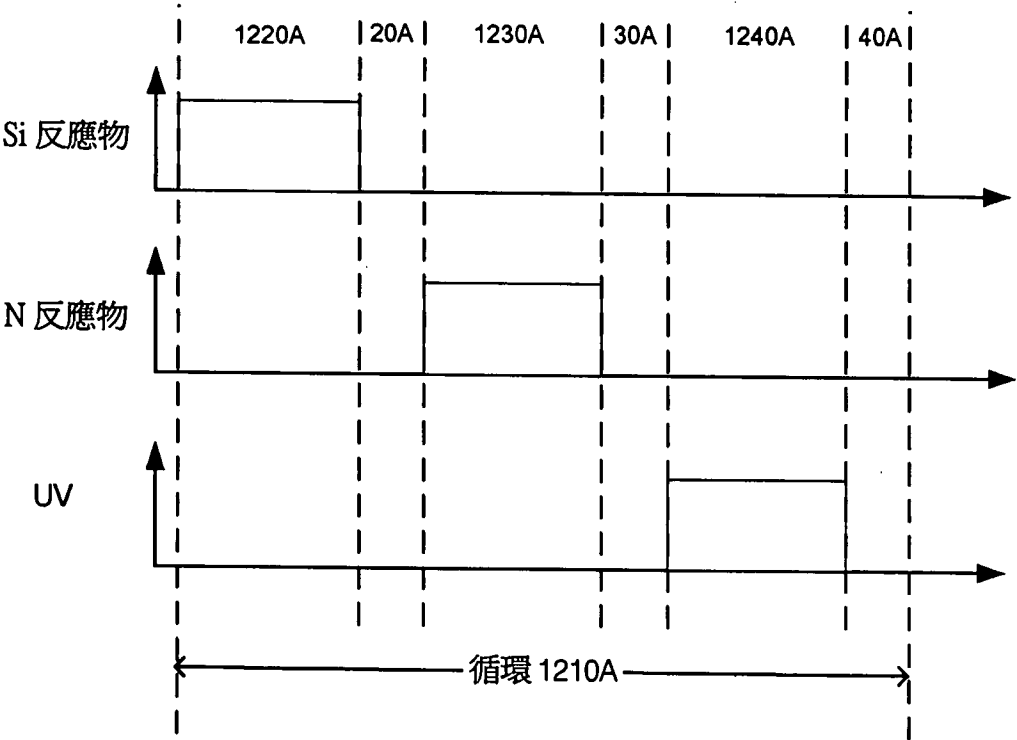


圖 12

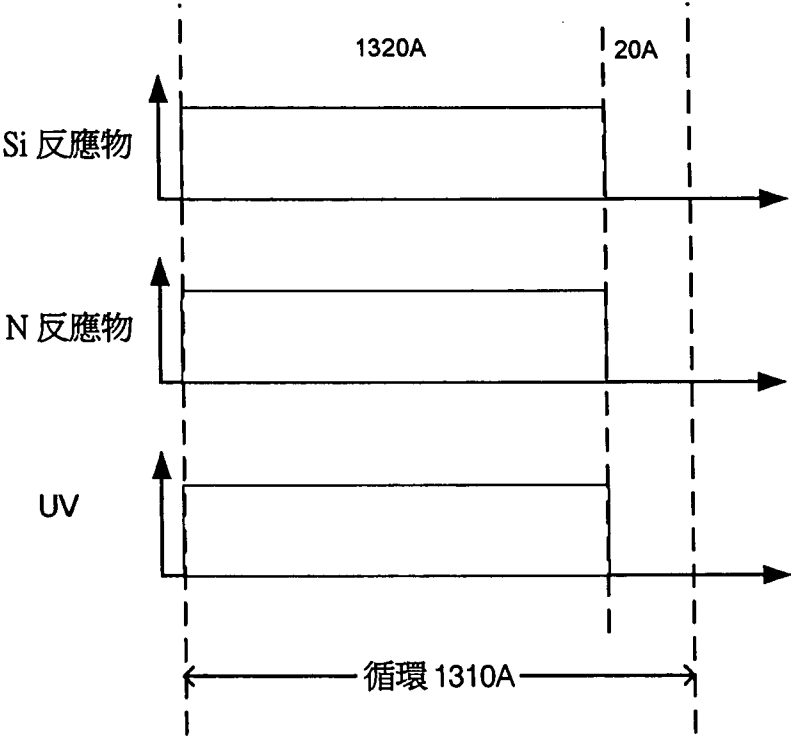


圖 13

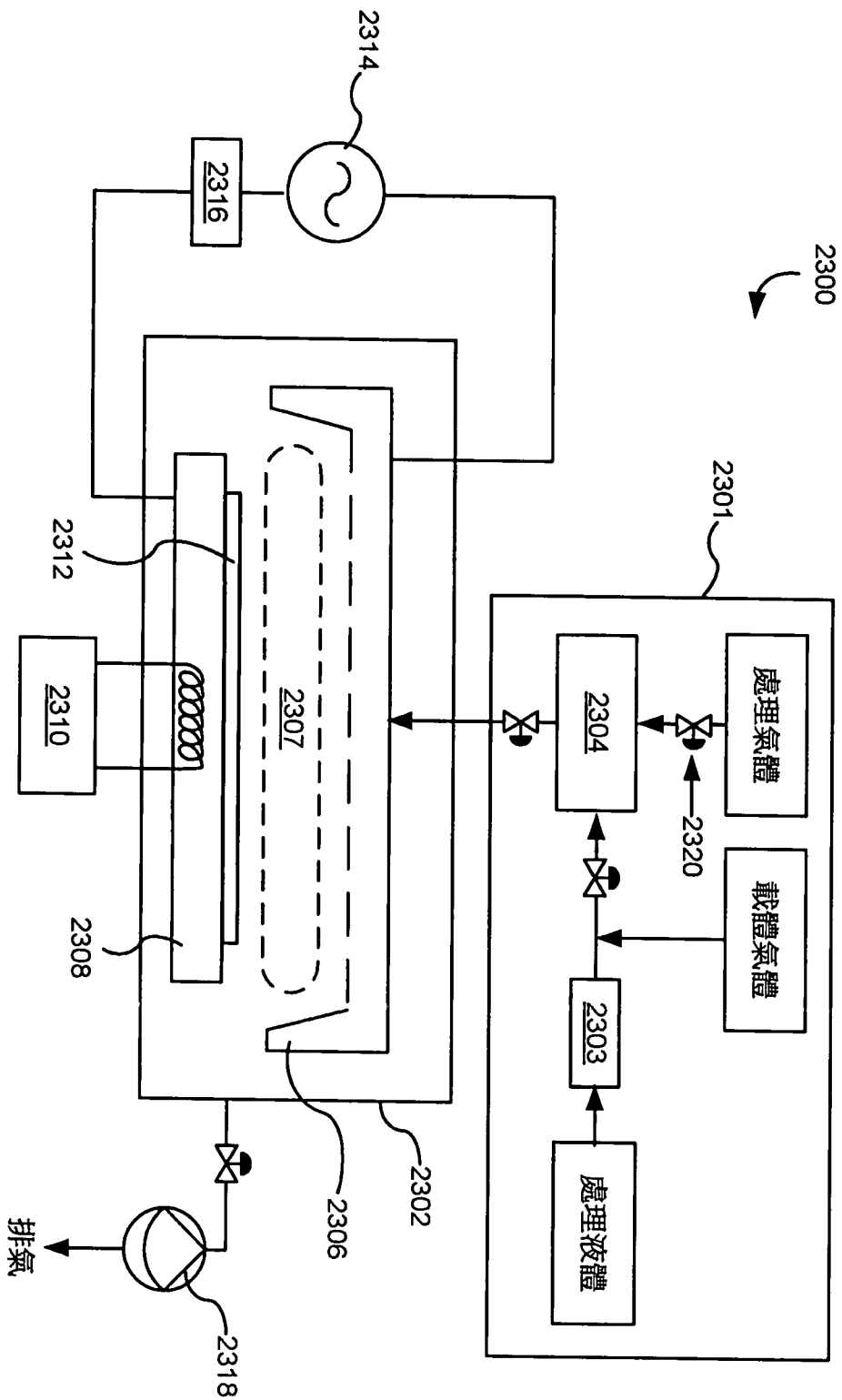


圖 14

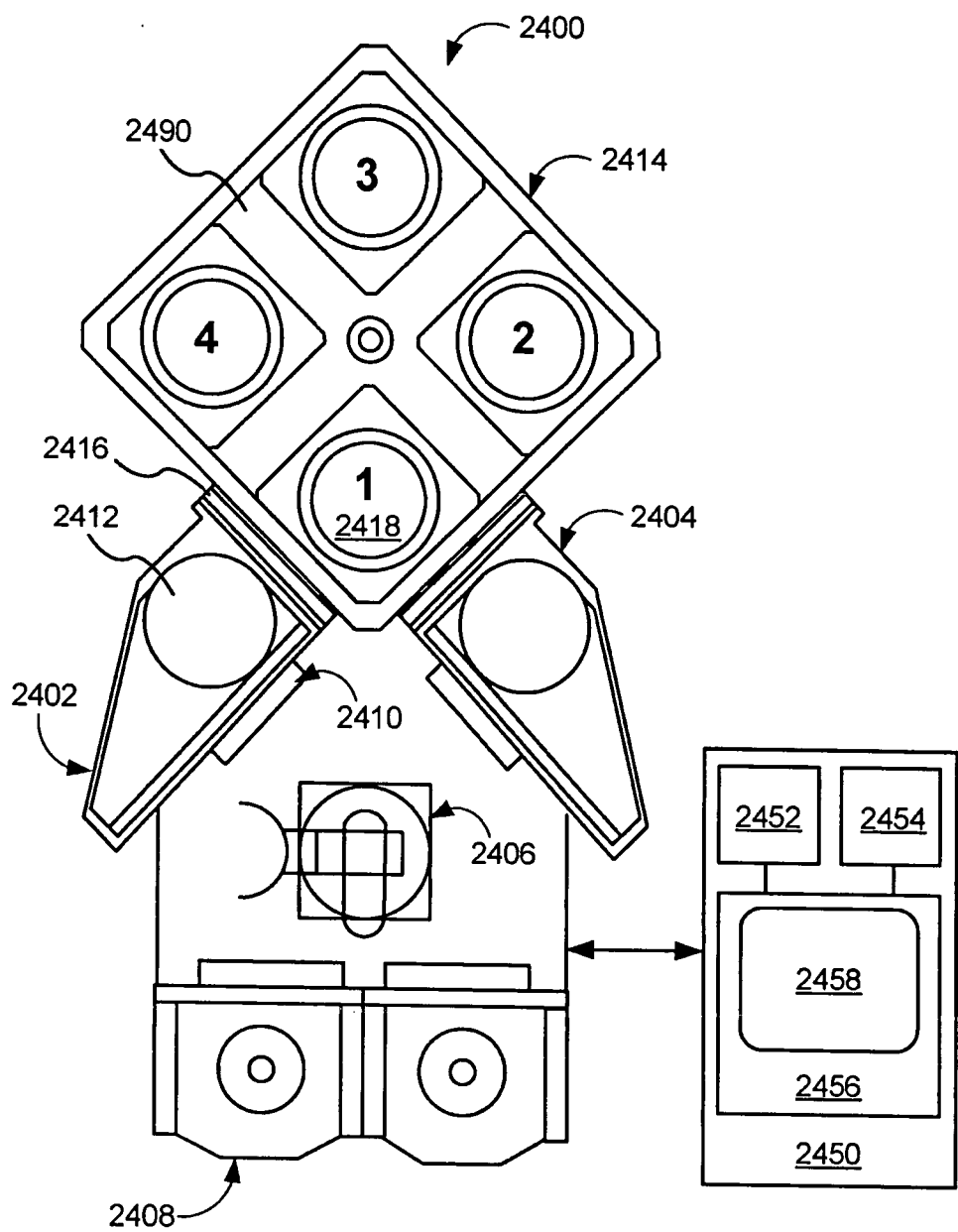


圖 15

- 2410 大氣口
- 2412 基座
- 2414 處理腔室
- 2416 腔室運送口
- 2418 加熱基座
- 2450 系統控制器
- 2452 處理器
- 2454 大量儲存裝置
- 2456 記憶體裝置
- 2458 系統控制軟體
- 2490 晶圓搬運系統

申請專利範圍

1. 一種方法，包含：

將基板設置至反應腔室；以及執行一或更多沉積循環以沉積含矽膜，各循環包含：

- (a)將該基板曝露至一氣相流量之含氮反應物；
- (b)將該基板曝露至一氣相流量之含矽反應物；以及
- (c)將該氣相流量之該含氮反應物而非該氣相流量之該含矽反應物曝露至紫外光輻射。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中於週期性曝露至該氣相流量之該含矽反應物期間，該基板係曝露至該氣相流量之該含氮反應物。

3. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中於週期性曝露至該氣相流量之該含矽反應物期間，該基板係不曝露至該氣相流量之該含氮反應物。

4. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該氣相流量之該含氮反應物係於該反應腔室中曝露至紫外光輻射。

5. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該氣相流量之該含氮反應物係於該反應腔室的上游曝露至紫外光輻射。

6. 如申請專利範圍第 1 - 5 項其中任一項之方法，其中該含矽反應物係選自由矽烷、鹵素矽烷、及胺基矽烷、以及其混合物所組成的群組。

7. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中該含矽反應物係包括 Si 及胺基上的含碳取代基之胺基矽烷。

8. 如申請專利範圍第 1-5 項其中任一項之方法，其中該含氮反應物係選自由氨、聯氨、胺、以及其混合物所組成的群組。

9. 如申請專利範圍第 1-5 項其中任一項之方法，其中該含矽膜係選自由 SiN、SiCN、SiON、或 SiONC 所組成的群組。
10. 如申請專利範圍第 1-5 項其中任一項之方法，其中該含矽膜係 SiCN。
11. 一種方法，包含：
- 將基板設置至反應腔室；以及執行一或更多沉積循環以沉積含矽膜，各循環包含：
- (a)用遠端電漿源使一氣相流量之含氮反應物活化；
 - (b)將該基板曝露至被活化之該含氮反應物；以及
 - (c)將該基板曝露至一氣相流量之含矽反應物。
12. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中於週期性曝露至該氣相流量之該含矽反應物期間，該基板係曝露至該氣相流量之該含氮反應物。
13. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中於週期性曝露至該氣相流量之該含矽反應物期間，該基板係不曝露至該氣相流量之該含氮反應物。
14. 如申請專利範圍第 11-13 項其中任一項之方法，其中該含矽反應物係選自由矽烷、鹵素矽烷、及胺基矽烷、以及其混合物所組成的群組。
15. 如申請專利範圍第 14 項之方法，其中該含矽反應物係包括 Si 及胺基上的含碳取代基之胺基矽烷。
16. 如申請專利範圍第 11-13 項其中任一項之方法，其中該含氮反應物係選自由氨、聯氨、胺、以及其混合物所組成的群組。
17. 如申請專利範圍第 11-13 項其中任一項之方法，其中該含矽膜係選自由

SiN、SiCN、SiON、或 SiONC 所組成的群組。

18. 如申請專利範圍第 11-13 項其中任一項之方法，其中該含矽膜係 SiCN。

19. 一種在半導體晶圓上沉積氮化矽膜之設備，該設備包含：

(a)反應腔室；

(b)紫外光輻射源；

(c)反應物入口；以及

(d)控制器，包含以下步驟之指令：

使一氣相流量之含氮反應物流入該反應腔室；

使一氣相流量之含矽反應物流入該反應腔室；以及

將該氣相流量之該含氮反應物而非該氣相流量之該含矽反應物曝露至紫外光輻射。

20. 一種在半導體晶圓上沉積氮化矽膜之設備，該設備包含：

(a)反應腔室；

(b)電漿源，遠端於該反應腔室；

(c)反應物入口；以及

(d)控制器，包含以下步驟之指令：

使一氣相流量之含氮反應物流入該電漿源；

使活化之含氮物種從該電漿源流至該反應腔室；以及

使一氣相流量之含矽反應物流入該反應腔室。

圖式

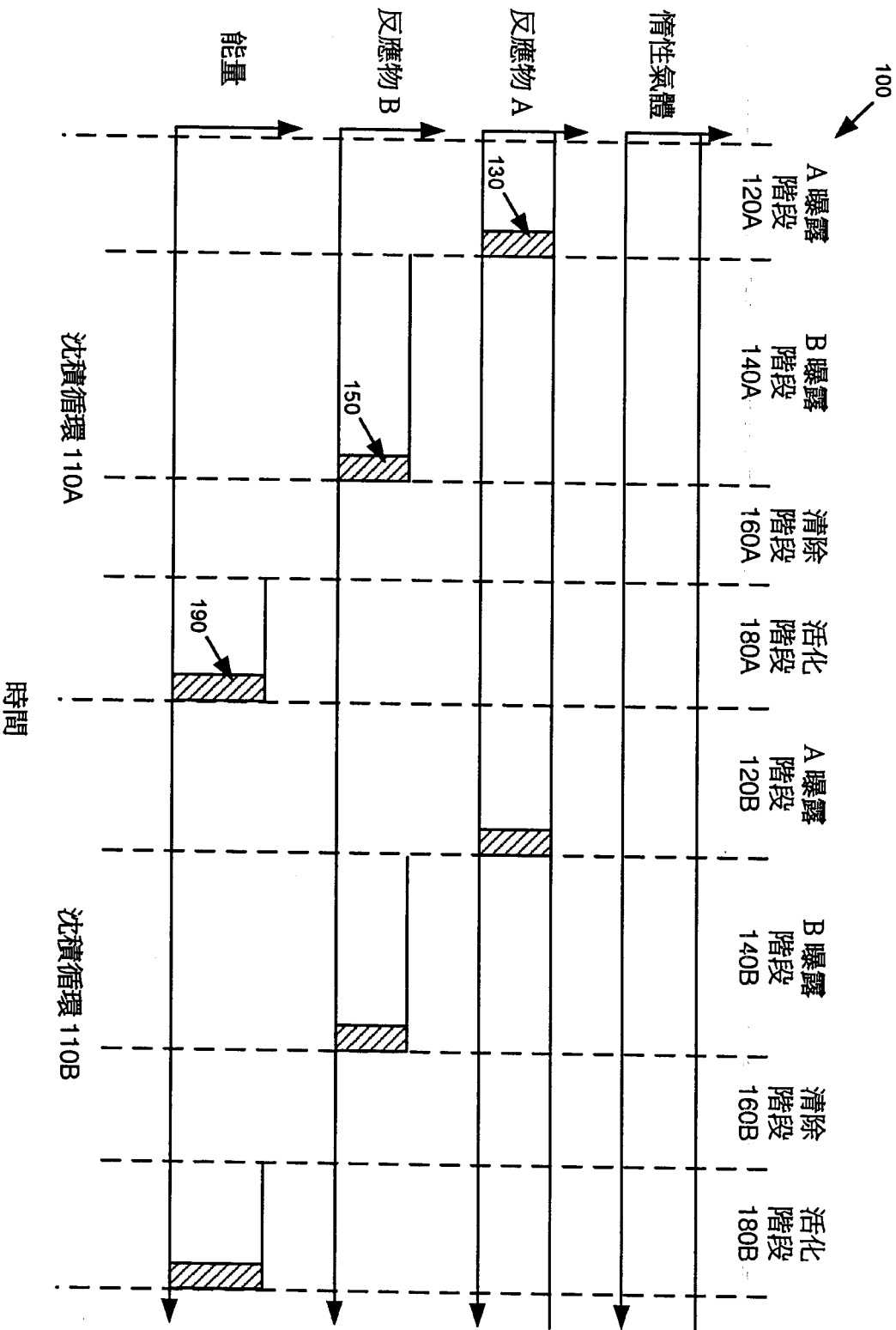


圖 1

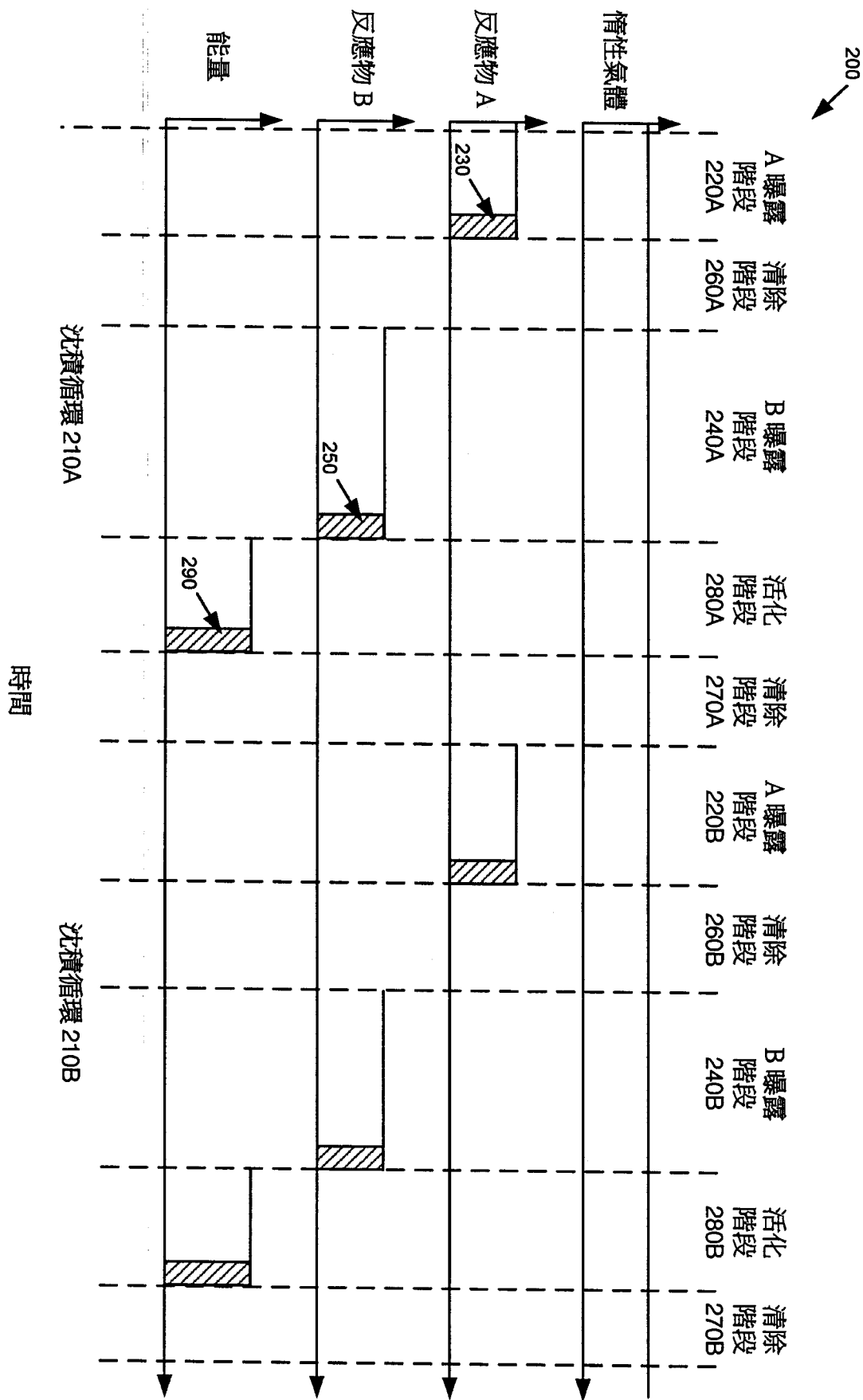


圖 2