



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I680499 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 12 月 21 日

(21)申請案號：106117833

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 05 月 31 日

(51)Int. Cl. : H01L21/027 (2006.01)

H01L21/3065(2006.01)

H01L21/311 (2006.01)

(30)優先權：2016/05/29 美國

62/342,993

(71)申請人：日商東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)

日本

(72)發明人：蘭傑 艾洛克 RANJAN, ALOK (US)；夏爾巴 索南 D SHERPA, SONAMD. (NP)

(74)代理人：周良謀；周良吉

(56)參考文獻：

US 2009/0286402A1

US 2010/0267237A1

US 2012/0238102A1

審查人員：黃本立

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 26 頁

(54)名稱

側壁影像轉移方法

(57)摘要

根據一實施例，一種基板處理方法包含：設置包含 Si 凸起特徵部的一基板；在該等 Si 凸起特徵部上沉積一保形膜；及執行一間隔層蝕刻製程，其移除該保形膜的水平部分且同時實質留下該保形膜的垂直部分，以在該等 Si 凸起特徵部上形成側壁間隔層，該執行步驟包含：a)將該基板曝露於經電漿激發的一第一處理氣體，該第一處理氣體由 H₂ 氣及一選用性的惰性氣體所組成，及 b)將該基板曝露於經電漿激發的一第二處理氣體，該第二處理氣體含有 i)NF₃、O₂、H₂ 和 Ar，ii)NF₃、O₂ 和 H₂，iii)NF₃ 和 O₂，iv)NF₃、O₂ 和 Ar，v)NF₃ 和 H₂，或 vi)NF₃、H₂ 和 Ar。該方法進一步包含移除該等 Si 凸起特徵部且同時維持在該基板上的該等側壁間隔層。該移除步驟可使用步驟 a)和 b)加以執行。

According to one embodiment, a substrate processing method includes providing a substrate containing Si raised features, depositing a conformal film on the Si raised features, and performing a spacer etch process that removes horizontal portions of the conformal film while substantially leaving vertical portions of the conformal film to form sidewall spacers on the Si raised features, the performing including a) exposing the substrate to a plasma-excited first process gas consisting of H₂ gas and optionally an inert gas, and b) exposing the substrate to a plasma-excited second process gas containing i) NF₃, O₂, H₂, and Ar, ii) NF₃, O₂, and H₂, iii) NF₃ and O₂, iv) NF₃, O₂, and Ar, v) NF₃ and H₂, or vi) NF₃, H₂, and Ar. The method further includes removing the Si raised features while maintaining the sidewall spacers on the substrate. The removing may be performed using steps a) and b).

指定代表圖：

符號簡單說明：

100 . . . 基板

101 . . . SiO₂ 層

107 . . . SiN 側壁間隔層

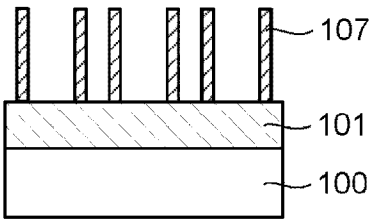


圖 2C

【發明說明書】

【中文發明名稱】側壁影像轉移方法

【英文發明名稱】METHOD OF SIDEWALL IMAGE TRANSFER

【技術領域】

【0001】 相關申請案的交互參照：本申請案係關於且主張於2016年5月29日申請之美國臨時專利申請案序號第62/342,993號的優先權，其全部內容於此藉由參照納入本案揭示內容。

【0002】 本發明關於處理基板的方法，且更具體而言，關於包含在矽凸起特徵部上的側壁間隔層之側壁影像轉移方法。

【先前技術】

【0003】 側壁影像轉移（SIT）係間接的圖案化方法，其包含氮化矽間隔層和矽心軸的蝕刻以實現次微影線寬。目前蝕刻氮化矽間隔層的方法面臨兩個主要挑戰：足部形成（footing）和角隅圓化。目前用以提取矽心軸的方法包含蝕刻副產物的再沉積及藉由高能離子的轟擊。然而，這些製程導致角殘留物及對底層材料的顯著損壞。需要新的方法解決在側壁影像轉移中的這些和其他問題。

【發明內容】

【0004】 包含在矽凸起特徵部上之側壁間隔層的側壁影像轉移方法係加以描述。根據一實施例，該方法包含：設置包含矽（Si）凸起特徵部的一基板；在該等Si凸起特徵部上沉積一保形膜；執行一間隔層蝕刻製程，其移除該保形膜的水平部分且同時實質留下該保形膜的垂直部分，以在該等Si凸起特徵部上形成側壁間隔層，該執行步驟包含：a)將該基板曝露於經電漿激發的一第一處理氣

體，該第一處理氣體由 H_2 氣及一選用性的惰性氣體所組成，及b)將該基板曝露於經電漿激發的一第二處理氣體，該第二處理氣體含有i) NF_3 、 O_2 、 H_2 和Ar，ii) NF_3 、 O_2 和 H_2 ，iii) NF_3 和 O_2 ，iv) NF_3 、 O_2 和Ar，v) NF_3 和 H_2 ，或vi) NF_3 、 H_2 和Ar。該方法進一步包含移除該等Si凸起特徵部且同時維持在該基板上的該等側壁間隔層，該移除步驟包含：c)將該基板曝露於經電漿激發的一第三處理氣體，該第三處理氣體由 H_2 氣及一選用性的惰性氣體所組成，及d)將該基板曝露於經電漿激發的一第四處理氣體，該第四處理氣體含有i) NF_3 、 O_2 、 H_2 和Ar，ii) NF_3 、 O_2 和 H_2 ，iii) NF_3 和 O_2 ，iv) NF_3 、 O_2 和Ar，v) NF_3 和 H_2 ，或vi) NF_3 、 H_2 和Ar。

【0005】根據另一實施例，該方法包含設置包含：在Si凸起特徵部上之SiN側壁間隔層的一基板，及移除該等Si凸起特徵部且同時維持在該基板上的該等SiN側壁間隔層，該移除步驟包含：將該基板曝露於經電漿激發的一第一處理氣體，該第一處理氣體由 H_2 氣及一選用性的惰性氣體所組成；及將該基板曝露於經電漿激發的一第二處理氣體，該第二處理氣體含有i) NF_3 、 O_2 、 H_2 和Ar，ii) NF_3 、 O_2 和 H_2 ，iii) NF_3 和 O_2 ，iv) NF_3 、 O_2 和Ar，v) NF_3 和 H_2 ，或vi) NF_3 、 H_2 和Ar。在一示例中，該第一處理氣體由 H_2 和Ar所組成，而該第二處理氣體由 NF_3 、 O_2 、 H_2 和Ar所組成。

【圖式簡單說明】

【0006】本發明更完整的理解及其中許多伴隨的優點，藉由參考下列詳細的描述與隨附圖示變得更好理解，其中：

【0007】圖1A-1C透過橫剖面圖示意性地顯示一種處理基板的方法；

【0008】圖2A-2C根據本發明的一實施例透過橫剖面圖示意性地顯示一種處理基板的方法；

【0009】圖3A-3C透過橫剖面圖示意性地顯示一種處理基板的方法；

第2頁，共16頁(發明說明書)

【0010】圖4A-4C根據本發明的一實施例透過橫剖面圖示意性地顯示一種處理基板的方法；

【0011】圖5A和5B顯示根據本發明的一實施例之間隔層蝕刻的實驗結果；

【0012】圖6根據本發明的一實施例示意性地顯示原子層沉積（ALD）系統；及

【0013】圖7根據本發明的一實施例示意性地顯示電容式耦合電漿（CCP）系統。

【實施方式】

【0014】本發明的實施例提供一種側壁影像轉移的方法。本發明的側壁影像轉移使用可為非等向性的非聚合化學品，且還避免氮化矽間隔層之蝕刻所需的離子轟擊之不利影響。根據一實施例，具有對氮化矽間隔層及底層氧化物（例如 SiO_2 ）之非常高選擇性之矽的等向性蝕刻，係針對心軸拉除加以提供。本發明的實施例描述可在單一處理腔室內執行的多步驟乾處理方法。此相較於使用乾及濕處理方法之組合的許多習知方法係有利的，該乾及濕處理方法之組合需要多個處理腔室且可能與先進的元件製造不相容。

【0015】如本文所使用，符號「SiN」包括包含矽及氮作為主要成分的層，其中該等層可具有一範圍的Si及N組成。 Si_3N_4 係最熱力學穩定的矽氮化物，且因此係商業上最重要的矽氮化物。然而，本發明的實施例可應用於具有廣範圍之Si及N組成的SiN層。此外，符號「 SiO_2 」係意指包括包含矽和氧作為主要成分的層，其中該等層可具有一範圍的Si及O組成。 SiO_2 是最熱力學穩定的矽氧化物，且因此係商業上最重要的矽氧化物。

【0016】本發明的一實施例針對下述提供製程：a) 蝕刻SiN間隔層以形成SiN側壁間隔層，而沒有角隅圓化及足部形成，及接著b) Si心軸的提取而沒有角

殘留物及損壞底層材料。製程a)和b)可使用相同或相似的處理步驟，且可在單一處理腔室內加以執行。

【0017】圖1A-1C透過橫剖面圖示意性地顯示一種處理基板的方法。圖1A顯示基板100、SiO₂層101、Si凸起特徵部102、及在Si凸起特徵部102之水平部分103和垂直部分105上保形地形成的SiN間隔層104。圖1B顯示SiN側壁間隔層106，該SiN側壁間隔層106可藉由以可包括含氟碳化物之電漿的非等向性蝕刻製程優先地蝕刻在水平部分103上的SiN間隔層104，而在Si凸起特徵部102的垂直部分105上加以形成。該含氟碳化物的蝕刻製程具有缺點，其包含：由於角隅圓化之SiN側壁間隔層106的漸縮輪廓110，及由於在SiO₂層101上之SiN間隔層104不完全移除的足部形成111。

【0018】Si凸起特徵部102係通常被稱為心軸，且其可使用含鹵素的蝕刻製程（即心軸拉除製程）加以移除。圖1C說明用於移除Si凸起特徵部102之含鹵素之蝕刻製程的幾個缺點，包含：由於在Si與SiO₂之間的不良蝕刻選擇性所致在SiO₂層101中的凹部115；（聚合物）角殘留物113的存在；及在SiN側壁間隔層106之頂部產生漸縮輪廓110的間隔層腐蝕。本發明的實施例處理含氟碳化物之蝕刻製程及含鹵素之蝕刻製程的這些缺點。

【0019】圖2A-2C根據本發明的一實施例透過橫剖面圖示意性地顯示一種處理基板的方法。圖1A已再現為圖2A，且顯示基板100、SiO₂層101、Si凸起特徵部102、及在Si凸起特徵部102之水平部分103和垂直部分105上保形地形成的SiN間隔層104。Si凸起特徵部102可包含多晶Si（poly-Si）或非晶Si（a-Si）。

【0020】圖2B顯示在間隔層蝕刻之後的結構，該間隔層蝕刻藉由在水平部分103上優先蝕刻SiN間隔層104而在垂直部分105上形成SiN側壁間隔層107。根據本發明的一實施例，間隔層蝕刻包含兩步驟的蝕刻製程，包含：a) 電漿激發含有H₂及選用性的Ar氣之第一處理氣體，及將圖2A中的結構曝露於經電漿激發

的第一處理氣體，以及b) 電漿激發含有 NF_3 、 O_2 、 H_2 及選用性的Ar之第二處理氣體，及將該結構曝露於經電漿激發的第二處理氣體。該兩步驟的製程可重複至少一次。根據一實施例，第一處理氣體可由 H_2 所組成。根據一實施例，第一處理氣體可由 H_2 及Ar所組成。根據其他實施例，第二處理氣體可由i) NF_3 、 O_2 、 H_2 和Ar，ii) NF_3 、 O_2 和 H_2 ，iii) NF_3 和 O_2 ，iv) NF_3 、 O_2 和Ar，v) NF_3 和 H_2 ，或vi) NF_3 、 H_2 和Ar所組成。圖2B中的所得結構包含SiN側壁間隔層107，且不具有上述圖1B中之角隅圓化及足部形成的缺點。

【0021】 圖2C顯示在進一步的電漿蝕刻之後的結構，該進一步的電漿蝕刻自基板選擇性地移除Si凸起特徵部102。根據本發明的一實施例，該進一步的電漿蝕刻包含兩步驟的蝕刻製程，其包含：電漿激發含有 H_2 及選用性的Ar氣之第三處理氣體，及將圖2B中的結構曝露於經電漿激發的第三處理氣體；及之後，電漿激發含有 NF_3 、 O_2 、 H_2 及選用性的Ar之第四處理氣體，及將該結構曝露於經電漿激發的第四處理氣體。該兩步驟的製程可重複一次以上，以完全移除Si凸起特徵部102。根據一實施例，第三處理氣體可由 H_2 所組成。根據一實施例，第三處理氣體可由 H_2 及Ar所組成。根據其他實施例，第四處理氣體可由i) NF_3 、 O_2 、 H_2 和Ar，ii) NF_3 、 O_2 和 H_2 ，iii) NF_3 和 O_2 ，iv) NF_3 、 O_2 和Ar，v) NF_3 和 H_2 ，或vi) NF_3 、 H_2 和Ar所組成。圖2C中的所得結構包含在 SiO_2 層101上的SiN側壁間隔層107，且該結構不具有上面圖1C中描述的缺點。移除Si凸起特徵部102的步驟相較於形成SiN側壁間隔層107的間隔層蝕刻步驟，通常具有較快的蝕刻速率。此外，移除Si凸起特徵部102的步驟可加以最佳化以對SiN側壁間隔層107具有選擇性。此減少SiN側壁間隔層107的腐蝕。進一步的處理可包含將由SiN側壁間隔層107形成的圖案轉移至 SiO_2 層101中。

【0022】 根據本發明的實施例，在第一步驟中的處理條件可包含：20-100毫托的腔室壓力、以13.56 MHz之75-200 W的下電極功率、90-400毫托的腔室壓

力、以60 MHz之200-1000 W的上電極功率。在一些示例中，該兩步驟的製程可重複2-10次。

【0023】圖3A-3C透過橫剖面圖示意性地顯示一種處理基板的方法。圖1A已再現為圖3A，且顯示基板100、SiO₂層101、Si凸起特徵部102、及在Si凸起特徵部102之水平部分103和垂直部分105上保形地形成的SiN間隔層104。圖3B顯示在非等向性電漿曝露之後的結構，該非等向性電漿曝露改質在水平部分103上和SiO₂層101上的SiN間隔層104。該電漿曝露可使用含H₂的處理氣體。在水平部分103上和SiO₂層101上之改質的SiN間隔層109、及Si凸起特徵部102隨後可使用濕蝕刻製程加以移除。圖3C顯示在濕蝕刻製程之後的結構。然而，該濕蝕刻製程係與許多半導體製造製程不相容。此外，乾及濕處理方法需要多個處理腔室，且可能與先進的元件製造不相容。本發明的實施例解決此問題。

【0024】圖4A-4C根據本發明的一實施例透過橫剖面圖示意性地顯示一種處理基板的方法。圖3A已再現為圖4A，且顯示基板100、SiO₂層101、Si凸起特徵部102、及在Si凸起特徵部102之水平部分103和垂直部分105上保形地形成的SiN間隔層104。

【0025】圖4B顯示在電漿曝露之後的結構，該電漿曝露改質在水平部分103上和二氧化矽層101上的SiN間隔層104。電漿曝露可使用含H₂的第一處理氣體。根據一實施例，處理氣體可由H₂所組成。根據一實施例，第一處理氣體可由H₂及Ar所組成。

【0026】在水平部分103上和SiO₂層101上之改質的SiN間隔層109、及Si凸起特徵部102隨後可使用乾蝕刻製程加以移除。圖4C顯示進一步電漿蝕刻之後的結構。根據本發明的一實施例，進一步的電漿蝕刻包含兩步驟的蝕刻製程，其包含：電漿激發含有H₂及選用性的Ar氣之第二處理氣體，及將圖4B中的結構曝露於經電漿激發的第二處理氣體；及之後，電漿激發含有NF₃、O₂、H₂及選用

性的Ar之第三處理氣體，及將該結構曝露於經電漿激發的第三處理氣體。該兩步驟的製程可重複一次以上。根據一實施例，第二處理氣體可由H₂所組成。根據一實施例，第二處理氣體可由H₂及Ar所組成。根據其他實施例，第三處理氣體可由i) NF₃、O₂、H₂和Ar，ii) NF₃、O₂和H₂，iii) NF₃和O₂，iv) NF₃、O₂和Ar，v) NF₃和H₂，或vi) NF₃、H₂和Ar所組成。圖4C中的所得結構包含SiN側壁間隔層106，且不具有上面圖3C中描述的問題。

【0027】圖5A和5B顯示根據本發明的一實施例之間隔層蝕刻的實驗結果。圖5A中的橫剖面掃描式電子顯微鏡（SEM）圖顯示剛接收的樣本，其包含在覆蓋SiO₂層之Si凸起特徵部上之保形的Si間隔層。間隔層蝕刻係在電容式耦合電漿（CCP）系統中加以執行，且包含重複一次的兩步驟製程。在第一步驟中的處理包含由H₂和Ar組成之處理氣體的使用，而在第二步驟中的處理包含由NF₃和O₂所組成的處理氣體。部分形成的SiN側壁間隔層係在圖5B中加以顯示。

【0028】現參照圖6及圖2A，保形沉積SiN間隔層104的技術可包含單層沉積（「MLD」）方法。MLD方法可包含例如ALD方法，該ALD方法係基於藉由化學吸附形成反應性前驅物分子之飽和單層的原理。形成AB膜之典型的MLD製程例如由注入第一前驅物或反應物A（「RA」）一段時間而構成，其中A的飽和單層係在基板上加以形成。接著，RA係使用惰性氣體Gi從腔室加以沖洗。第二前驅物或反應物B（「RB」）係亦接著注入腔室一段時間，以將B與A結合及在基板上形成層AB。RB係接著從腔室加以沖洗。引入前驅物或反應物、沖洗反應器、引入另一或相同的前驅物或反應物、及沖洗反應器的此製程可重複數次以達成期望厚度的AB膜。在每個ALD循環中沉積之AB膜的厚度之範圍可自約0.5埃至約2.5埃。

【0029】 在一些實施例中，當形成AB膜時，MLD製程可包含注入含有ABC的前驅物，該ABC係在第一步驟期間吸附在基板上，且接著在第二步驟期間加以移除。

【0030】 根據本發明的一實施例，SiN間隔層104可藉由ALD沉積製程在ALD系統內加以沉積，其中的一個示例係顯示為圖6的ALD系統44，其包含處理腔室46，該處理腔室46具有配置成支撐其上基板14的基板支架48。處理腔室46進一步包含：上組件50（例如噴淋頭），該上組件50係耦接至第一材料供應系統52（其可包括含矽氣體）、第二材料供應系統54（其可包括含氮氣體）、沖洗氣體供應系統56、及一個以上輔助氣體供應系統58（其可包含稀釋氣體或用於沉積期望間隔層材料所需之其他者）。

【0031】 或者或此外，控制器62可耦接至一個以上額外的控制器/電腦（未顯示），該控制器62可自該等額外的控制器/電腦獲得設定及/或配置的資訊。控制器62可用以配置任何數量的處理元件52、54、56、58、60，且可自其收集、提供、處理、儲存及/或顯示資料。控制器62可包含用於控制處理元件52、54、56、58、60之其中一者以上的幾個應用，且若需要可包含圖形使用者介面（「GUI」，未顯示），其可針對使用者提供易於使用的介面，以監控及/或控制處理元件52、54、56、58、60的其中一者以上。

【0032】 處理腔室46係進一步藉由導管70耦接至包含真空泵系統66及閥68的壓力控制系統64，其中壓力控制系統64係配置成可控制地將處理腔室46抽空至適於形成SiN間隔層104及適於使用第一和第二製程材料的壓力。真空泵系統66可包含渦輪分子真空泵（TMP）或低溫泵，其係能夠高達每秒約5000公升（或更大）泵速度，且閥68可包含用於調節腔室壓力的閘閥。此外，用於監控腔室製程的裝置（未顯示）可耦接至處理腔室46。壓力控制系統64可例如配置成在ALD製程期間將處理腔室壓力控制在約0.1托和約100托之間。

【0033】 第一和第二材料供應系統52、54，沖洗氣體供應系統56，及一個以上輔助氣體供應系統58之每一者可包含一個以上壓力控制裝置、一個以上流量控制裝置、一個以上過濾器、一或多個閥、及/或一個以上流量感測器。流量控制裝置可包含氣動閥、電機（螺線管）閥、及/或高速脈衝氣體注入閥。根據本發明的實施例，氣體可依序及交替地脈衝輸送進處理腔室46，其中每一氣體脈衝的持續時間可例如在約0.1秒和約100秒之間。或者，每一氣體脈衝的持續時間可在約1秒和約10秒之間。對於含矽及含氮氣體的示例氣體脈衝持續時間可在約0.3秒和約3秒之間，例如約1秒。示例沖洗氣體脈衝可在約1秒和約20秒之間，例如約3秒。仍參照圖6，控制器62可包含微處理器、記憶體、及能夠產生控制電壓的數位I/O埠，其足以傳輸及啟動傳對於ALD系統44的輸入，及監控來自ALD系統44的輸出。此外，控制器62可耦接至處理腔室46，基板支架48，上組件50，處理元件52、54、56、58，基板溫度控制系統60，及壓力控制系統64，且可與上述各者交換訊息。舉例而言，儲存在控制器62之記憶體中的程式可根據製程配方用以啟動對於ALD系統44之前述元件的輸入，以執行一沉積製程。

【0034】 控制器62可被實施為通用電腦系統，該通用電腦系統響應執行包含在記憶體中之一個以上指令之一個以上序列的處理器，執行本發明之基於微處理器之處理步驟的一部分或全部。此等指令可從另一電腦可讀媒體（諸如硬碟或可移除式媒體驅動器）讀入控制器記憶體。在多處理裝置中的一個以上處理器亦可用作控制器微處理器，以執行包含在主記憶體中的指令序列。在替代的實施例中，硬佈線電路可取代或結合軟體指令加以使用。因此，實施例係不限於硬體電路及軟體的任何特定組合。

【0035】 控制器62包含至少一電腦可讀媒體或記憶體（諸如控制器記憶體），用於儲存根據本發明之教示編程的指令，及用於包含實施本發明可能需要的資料結構、表、記錄、或其他資料。電腦可讀媒體的示例係硬碟、軟碟、

磁帶、磁光碟、PROM (EPROM、EEPROM、flash EPROM)、DRAM、SRAM、SDRAM、或任何其他磁性媒體、光碟 (例如CD-ROM)、或任何其他光學媒體、打孔卡片、紙帶、或其他具有孔洞圖案的實體媒體、載波 (描述於下)、或電腦可自其讀取的任何其他媒體) 。

【0036】 在電腦可讀媒體的任何一者或組合中儲存的是軟體，其用於控制控制器62，用於驅動用於實施本發明的一個以上裝置，及/或用於允許控制器62與人類使用者互動。這樣的軟體可包含但不限於裝置驅動器、操作系統、顯影工具、及應用軟體。這樣的電腦可讀媒體進一步包含本發明的電腦程式產品，用於執行在實施本發明中執行之處理的全部或一部分 (若處理係分散式的) 。

【0037】 電腦程式碼裝置可為任何可解譯或可執行的程式碼機制，包含但不限於腳本、可解譯的程式、動態鏈接程式庫 (「DLL」)、Java類別、及完整的可執行程式。此外，本發明之處理的一部分為了較佳的性能、可靠性、及/或成本可為分散式的。

【0038】 如本文使用的術語「電腦可讀媒體」意指參與對控制器62之處理器提供指令以供執行的任何媒體。因此，電腦可讀媒體可採取許多形式，包含但不限於非揮發性媒體、揮發性媒體、及傳輸媒體。非揮發性媒體包含例如光碟、磁碟、及磁光碟，諸如硬碟或可移除式媒體驅動器。揮發性媒體包含動態記憶體，諸如主記憶體。此外，各種形式的電腦可讀媒體可涉及在針對用於執行之控制器62的處理器執行一個以上指令的一個以上序列。舉例而言，該等指令最初可在遠程電腦的磁碟上加以攜帶。該遠程電腦可將用於實施本發明之全部或一部分的指令遠程地加載至動態記憶體，及將指令經由網路發送至控制器62。

【0039】 控制器62可相對於ALD系統44就近地加以設置，或其可相對於ALD系統44遠端地加以設置。舉例而言，控制器62可使用直接連接、網內網路、

網際網路、及無線連接的其中至少一者而與ALD系統44交換資料。控制器62可耦接至例如在客戶位置（即元件製造商等）的網內網路，或其可耦接至例如在供應商位置（即設備製造者）的網內網路。此外，舉例而言，控制器62可耦接至網際網路。此外，另一電腦（即控制器、伺服器）可經由直接連接、網內網路、及網際網路的其中至少一者存取例如控制器62以交換資料。精於本項技術之人士亦將理解，控制器62可經由無線連接與ALD系統44交換資料。

【0040】 SiN間隔層104的沉積可藉由順序式及交替的脈衝序列加以進行，以沉積SiN間隔層104材料的不同成分（此處例如矽及氮）。由於ALD製程通常每一氣體脈衝沉積少於一單層的成分，所以可能使用膜之不同成分的獨立沉積序列形成均質的材料。每一氣體脈衝可包含各自的沖洗或抽空步驟以自處理腔室46移除未反應的氣體或副產物。根據本發明的其他實施例，沖洗或抽空步驟的其中一者以上可加以省略。

【0041】 因此，作為一示例性實施例，具有Si凸起特徵部102的基板14係在ALD系統44的處理腔室46中加以設置，且依序曝露於包含矽的氣體脈衝及含氮氣體的氣體脈衝，其中後者可包含 NH_3 、經電漿激發的氮（諸如用於PEALD系統）、或其組合、及選用性的惰性氣體，諸如氬（Ar）。

【0042】 矽可在Si凸起特徵部102的表面上反應以形成小於單層厚度的化學吸附層。來自含氮氣體之氣體脈衝的氮可接著與化學吸附表面層加以反應。藉由重複此順序式的氣體曝露，即藉由交替兩種曝光複數次，可能實現每循環約1埃（ 10^{-10} 公尺）的逐層生長直到達成期望的厚度。

【0043】 根據本發明的實施例，處理氣體可為使用各種不同的電漿源加以電漿激發。根據一實施例，電漿源可包含CCP源，該CCP源包含上板電極及支撐基板的下板電極。射頻（RF）功率可使用RF產生器及阻抗網路提供至上板電極、下板電極、或上板電極和下板電極兩者。施加至上電極之RF功率的典型頻率範

圍係從10 MHz至200 MHz，且可為60 MHz。此外，施加至下電極之RF功率的典型頻率範圍係從0.1 MHz至100 MHz，且可為13.56 MHz。根據一實施例，形成經電漿激發的處理氣體包含使用產生高的自由基對離子通量比的遠程電漿源產生電漿。該遠程電漿源可位在電漿處理腔室的外部，且經電漿激發的氣體流進電漿處理腔室以處理基板。

【0044】圖7描繪的示例電漿處理系統500包含：腔室510；基板支架520，待處理的基板525係被固定在其上；氣體注入系統540；及真空泵系統550。腔室510係配置成促進在毗鄰基板525表面的處理區域545中之電漿的產生，其中電漿係經由在加熱的電子與可離子化的氣體之間的碰撞而形成。可離子化的氣體或氣體混合物係經由氣體注入系統540加以引入，且製程壓力係加以調整。舉例而言，閘閥（未顯示）係用以節流控制真空泵系統550。

【0045】基板525係藉由機器人基板轉移系統透過槽閥（未顯示）及腔室饋通部（未顯示）轉移進出腔室510，其中基板係由配置於基板支架520內的基板升降銷（未顯示）加以接收，且由配置於其中的元件機械地轉移。一旦基板525係從基板轉移系統加以接收，基板525係加以下降至基板支架520的上表面。

【0046】在一替代的實施例中，基板525係藉由靜電夾具（未顯示）固定於基板支架520。此外，基板支架520進一步包含冷卻系統，該冷卻系統包含再循環的冷卻劑流，其從基板支架520接收熱且轉移熱至熱交換器系統（未顯示），或當加熱時，從熱交換器系統轉出熱。再者，氣體可遞送至基板的背面以增進基板525與基板支架520之間的氣間隙熱傳導。這樣的一個系統係使用於當基板的溫度控制係需要提高或降低溫度時。舉例而言，在超過由於從電漿遞送至基板525的熱通量與從基板525藉由傳導至基板支架520而移除的熱通量之平衡所獲得的穩定狀態溫度之溫度下，基板的溫度控制可為有用的。在其他實施例中，包含諸如電阻加熱元件、或熱電加熱器/冷卻器的加熱元件。

【0047】在第一實施例中，基板支架520進一步作為電極，射頻（RF）功率係經由該電極耦合至處理區域545中的電漿。舉例而言，基板支架520係藉由將RF功率自RF產生器530經由阻抗匹配網路532傳送至基板支架520，而以一RF電壓加以電偏壓。RF偏壓用以加熱電子及從而形成及維持電漿。在此配置中，系統運作為反應性離子蝕刻（RIE）反應器，其中腔室及上部氣體注入電極作為接地表面。典型的RF偏壓頻率之範圍從0.1 MHz至100 MHz，且可為13.56 MHz。在一替代的實施例中，RF功率係以多個頻率施加至基板支架電極。此外，阻抗匹配網路532作用為藉由最小化反射的功率而將RF功率對處理腔室510中之電漿的傳送最大化。匹配網路拓樸（例如：L型、 π 型、T型等）及自動控制方法係為精於本項技術之人士所熟知。

【0048】繼續參照圖7，處理氣體542（例如含有H₂及選用性的Ar、或NF₃/O₂/H₂及選用性的Ar）係經由氣體注入系統540引入至處理區域545。氣體注入系統540可包含噴淋頭，其中處理氣體542係從氣體遞送系統（未顯示）經由氣體注入充氣部（未顯示）、一系列擋板（未顯示）、及多孔噴淋頭氣體注入板（未顯示）供應至處理區域545。

【0049】真空泵系統550較佳是包含能夠高達每秒5000公升（或更大）泵速度的渦輪分子真空泵（TMP）及用於調節腔室壓力的閘閥。在用於乾電漿蝕刻的習知電漿處理裝置中，每秒1000至3000公升的TMP係加以使用。對於一般小於50毫托的低壓處理而言，TMP係有用的。在較高壓力下，TMP泵速度急劇下降。對於高壓處理（即大於100毫托）而言，機械升壓泵及乾粗抽泵係加以使用。

【0050】電腦555包含微處理器、記憶體、及能夠產生控制電壓的數位I/O埠，其足以傳輸及啟動對於電漿處理系統500的輸入，及監控來自電漿處理系統500的輸出。此外，電腦555係耦接至RF產生器530、阻抗匹配網路532、氣體注

入系統540、及真空泵系統550，且與上述各者交換訊息。儲存在記憶體中的程式係用以根據儲存的製程配方啟動對於上述電漿處理系統500之元件的輸入。

【0051】電漿處理系統500進一步包含上板電極570，RF功率係經由阻抗匹配網路574從RF產生器572耦合至該上板電極570。施加至上電極之RF功率的典型頻率範圍係從10 MHz至200 MHz，且較佳為60 MHz。此外，施加至下電極之功率的典型頻率範圍係從0.1 MHz至30 MHz。此外，電腦555係耦接至RF產生器572及阻抗匹配網路574，以控制對上板電極570的RF功率施加。

【0052】一種側壁影像轉移的方法已在各種實施例中加以揭示。上述本發明實施例的描述係呈現為說明及描述的目的。其係非意欲為詳盡的或將本發明限制為所揭示的精確形式。此說明及以下的申請專利範圍包含僅用於描述目的且不應被理解為限制的術語。精於相關技術之人士可理解，根據上述教示，許多修改和變化是可能的。精於本項技術之人士將理解對於顯示於圖中的各種元件之各種等效組合及代換。因此，本發明的範圍不受此詳細說明限定，而是由隨附申請專利範圍限定。

【符號說明】

【0053】

14	基板
44	ALD系統
46	處理腔室
48	基板支架
50	上組件
52	第一材料供應系統
54	第二材料供應系統

56	沖洗氣體供應系統
58	輔助氣體供應系統
60	基板溫度控制系統
62	控制器
64	壓力控制系統
66	真空泵系統
68	閥
70	導管
100	基板
101	SiO ₂ 層
102	Si凸起特徵部
103	水平部分
104	SiN間隔層
105	垂直部分
106	SiN側壁間隔層
107	SiN側壁間隔層
109	改質的SiN間隔層
110	漸縮輪廓
111	足部形成
113	角殘留物
115	凹部
500	電漿處理系統
510	腔室
520	基板支架

525	基板
530	RF產生器
532	阻抗匹配網路
540	氣體注入系統
542	處理氣體
545	處理區域
550	真空泵系統
555	電腦
570	上板電極
572	RF產生器
574	阻抗匹配網路



申請日：106年5月31日

I680499

【發明摘要】

IPC分類：H01L 21/027 (2006.01)
H01L 21/3065 (2006.01)
H01L 21/311 (2006.01)

【中文發明名稱】側壁影像轉移方法

【英文發明名稱】METHOD OF SIDEWALL IMAGE TRANSFER

【中文】根據一實施例，一種基板處理方法包含：設置包含Si凸起特徵部的一基板；在該等Si凸起特徵部上沉積一保形膜；及執行一間隔層蝕刻製程，其移除該保形膜的水平部分且同時實質留下該保形膜的垂直部分，以在該等Si凸起特徵部上形成側壁間隔層，該執行步驟包含：a)將該基板曝露於經電漿激發的一第一處理氣體，該第一處理氣體由H₂氣及一選用性的惰性氣體所組成，及b)將該基板曝露於經電漿激發的一第二處理氣體，該第二處理氣體含有i) NF₃、O₂、H₂和Ar，ii) NF₃、O₂和H₂，iii) NF₃和O₂，iv) NF₃、O₂和Ar，v) NF₃和H₂，或vi) NF₃、H₂和Ar。該方法進一步包含移除該等Si凸起特徵部且同時維持在該基板上的該等側壁間隔層。該移除步驟可使用步驟a)和b)加以執行。

【英文】According to one embodiment, a substrate processing method includes providing a substrate containing Si raised features, depositing a conformal film on the Si raised features, and performing a spacer etch process that removes horizontal portions of the conformal film while substantially leaving vertical portions of the conformal film to form sidewall spacers on the Si raised features, the performing including a) exposing the substrate to a plasma-excited first process gas consisting of H₂ gas and optionally an inert gas, and b) exposing the substrate to a plasma-excited second process gas containing i) NF₃, O₂, H₂, and Ar, ii) NF₃, O₂, and H₂, iii) NF₃ and O₂, iv) NF₃, O₂, and Ar, v) NF₃ and H₂, or vi) NF₃, H₂, and Ar. The method further

includes removing the Si raised features while maintaining the sidewall spacers on the substrate. The removing may be performed using steps a) and b).

【指定代表圖】 圖2C

【代表圖之符號簡單說明】

100	基板
101	SiO ₂ 層
107	SiN側壁間隔層

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種基板處理方法，該方法包含：

設置一基板，該基板包含矽（Si）凸起特徵部；

在該等Si凸起特徵部上沉積一保形膜；

執行一間隔層蝕刻製程，其移除該保形膜的水平部分且同時實質留下該保形膜的垂直部分，以在該等Si凸起特徵部上形成側壁間隔層，該執行步驟包含

(a) 將該基板曝露於經電漿激發的一第一處理氣體，該第一處理氣體由 H_2 氣及一選用性的惰性氣體所組成，及

(b) 將該基板曝露於經電漿激發的一第二處理氣體，該第二處理氣體含有i) NF_3 、 O_2 、 H_2 和Ar，ii) NF_3 、 O_2 和 H_2 ，iii) NF_3 和 O_2 ，iv) NF_3 、 O_2 和Ar，v) NF_3 和 H_2 ，或vi) NF_3 、 H_2 和Ar；及

移除該等Si凸起特徵部且同時維持在該基板上的該等側壁間隔層，該移除步驟包含

(c) 將該基板曝露於經電漿激發的一第三處理氣體，該第三處理氣體由 H_2 氣及一選用性的惰性氣體所組成，及

(d) 將該基板曝露於經電漿激發的一第四處理氣體，該第四處理氣體含有i) NF_3 、 O_2 、 H_2 和Ar，ii) NF_3 、 O_2 和 H_2 ，iii) NF_3 和 O_2 ，iv) NF_3 、 O_2 和Ar，v) NF_3 和 H_2 ，或vi) NF_3 、 H_2 和Ar。

【第2項】如申請專利範圍第1項之基板處理方法，其中，該第一和第三處理氣體由 H_2 和Ar所組成。

【第3項】如申請專利範圍第1項之基板處理方法，其中，該第二和第四處理氣體由 NF_3 、 O_2 、 H_2 和Ar所組成。

【第4項】如申請專利範圍第1項之基板處理方法，其中，該等Si凸起特徵部由元素Si所組成。

【第5項】如申請專利範圍第4項之基板處理方法，其中，該元素Si包含多晶Si (poly-Si) 或非晶Si (a-Si)。

【第6項】如申請專利範圍第1項之基板處理方法，其中，該保形膜包含SiN。

【第7項】如申請專利範圍第1項之基板處理方法，其中，經電漿激發的該等處理氣體係使用一電容式耦合電漿源加以形成，該電容式耦合電漿源包含一上板電極及支撐該基板的一下板電極。

【第8項】如申請專利範圍第1項之基板處理方法，經電漿激發的該等處理氣體係使用一遠程電漿源加以形成，該遠程電漿源產生高的自由基對離子通量的比例。

【第9項】如申請專利範圍第1項之基板處理方法，進一步重複步驟a)和b)、及步驟c)和d)至少一次。

【第10項】一種基板處理方法，該方法包含：

設置一基板，該基板包含Si凸起特徵部；

在該等Si凸起特徵部上沉積一保形膜；

執行一電漿製程，其改質該保形膜的水平部分且同時實質使該保形膜的垂直部分未改質，該執行步驟包含

(a) 將該基板曝露於經電漿激發的一第一處理氣體，該第一處理氣體由H₂氣及一選用性的惰性氣體所組成，及

(b) 將該基板曝露於經電漿激發的一第二處理氣體，該第二處理氣體含有i) NF₃、O₂、H₂和Ar，ii) NF₃、O₂和H₂，iii) NF₃和O₂，iv) NF₃、O₂和Ar，v) NF₃和H₂，或vi) NF₃、H₂和Ar；及

移除該保形膜之該改質的水平部分及該等Si凸起特徵部，該移除步驟包含

(c) 將該基板曝露於經電漿激發的一第三處理氣體，該第三處理氣體由H₂氣及一選用性的惰性氣體所組成，及

(d) 將該基板曝露於經電漿激發的一第四處理氣體，該第四處理氣體含有i) NF₃、O₂、H₂和Ar，ii) NF₃、O₂和H₂，iii) NF₃和O₂，iv) NF₃、O₂和Ar，v) NF₃和H₂，或vi) NF₃、H₂和Ar。

【第11項】如申請專利範圍第10項之基板處理方法，其中，該第一和第三處理氣體由H₂和Ar所組成。

【第12項】如申請專利範圍第10項之基板處理方法，其中，該第二和第四處理氣體由NF₃、O₂、H₂和Ar所組成。

【第13項】如申請專利範圍第10項之基板處理方法，其中，該等Si凸起特徵部包含多晶Si (poly-Si) 或非晶Si (a-Si)。

【第14項】如申請專利範圍第10項之基板處理方法，其中，該保形膜包含SiN。

【第15項】如申請專利範圍第10項之基板處理方法，其中，經電漿激發的該等處理氣體係使用一電容式耦合電漿源加以形成，該電容式耦合電漿源包含一上板電極及支撐該基板的一下板電極。

【第16項】如申請專利範圍第10項之基板處理方法，其中，經電漿激發的該等處理氣體係使用一遠程電漿源加以形成，該遠程電漿源產生高的自由基對離子通量的比例。

【第17項】如申請專利範圍第10項之基板處理方法，進一步包含重複步驟a) 和b)、及步驟c)和d)至少一次。

【第18項】一種基板處理方法，該方法包含：

第3頁，共4頁(發明申請專利範圍)

設置一基板，該基板包含在Si凸起特徵部上的SiN側壁間隔層；

及

移除該等Si凸起特徵部且同時維持在該基板上的該等SiN側壁間隔層，該移除步驟包含

將該基板曝露於經電漿激發的一第一處理氣體，該第一處理氣體由H₂氣及一選用性的惰性氣體所組成，及

將該基板曝露於經電漿激發的一第二處理氣體，該第二處理氣體含有i) NF₃、O₂、H₂和Ar，ii) NF₃、O₂和H₂，iii) NF₃和O₂，iv) NF₃、O₂和Ar，v) NF₃和H₂，或vi) NF₃、H₂和Ar。

【第19項】 如申請專利範圍第18項之基板處理方法，其中，該第一處理氣體由H₂和Ar所組成，而該第二處理氣體由NF₃、O₂、H₂和Ar所組成。

【第20項】 如申請專利範圍第19項之基板處理方法，進一步包含重複該曝露步驟至少一次。