



(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 202449206 A

(43)公開日：中華民國 113 (2024) 年 12 月 16 日

(21)申請案號：113127732

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 02 月 07 日

(51)Int. Cl.：

C23C16/30 (2006.01)

C23C16/44 (2006.01)

C23C16/458 (2006.01)

C23C16/505 (2006.01)

(30)優先權：2019/02/11

美國

62/803,661

(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：尼塔拉 克里希納 NITTALA, KRISHNA (IN)；凱德拉雅 狄瓦卡 N KEDLAYA, DIWAKAR N. (US)；加納基拉曼 卡希克 JANAKIRAMAN, KARTHIK (IN)；楊毅 YANG, YI (CN)；程 睿 CHENG, RUI (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：3 共 34 頁

(54)名稱

透過脈衝式 RF 電漿之膜形成

(57)摘要

本案論述了使用脈衝式 RF 電漿來形成非晶和微晶膜的系統和方法。一種形成膜的方法可以包括以下步驟：(a)由膜前驅物在處理腔室中形成電漿及(b)使 RF 功率源產生脈衝以使 RF 功率源產生的脈衝的工作循環的工作循環導通時間(T_{ON})小於工作循環的總循環時間(T_{TOT})的約 20%，以形成膜。方法可以進一步包括以下步驟：(c)在處理腔室中的基板上沉積第一膜中間層；(d)在(c)之後，淨化處理腔室；及(e)在(d)之後，將氫電漿引到處理腔室。此外，在方法中，重複(b)-(e)以形成膜。膜的膜內(in-film)氫含量可以小於約 10%。

Systems and methods of using pulsed RF plasma to form amorphous and microcrystalline films are discussed herein. Methods of forming films can include (a) forming a plasma in a process chamber from a film precursor and (b) pulsing an RF power source to cause a duty cycle on time (T_{ON}) of a duty cycle of a pulse generated by the RF power source to be less than about 20% of a total cycle time (T_{TOT}) of the duty cycle to form the film. The methods can further include (c) depositing a first film interlayer on a substrate in the process chamber; (d) subsequent to (c), purging the process chamber; and (e) subsequent to (d), introducing a hydrogen plasma to the process chamber. Further in the method, (b)-(e) are repeated to form a film. The film can have an in-film hydrogen content of less than about 10%.

指定代表圖：

符號簡單說明：

200:方法

202:操作

204:操作

206:操作

208:操作

210:操作

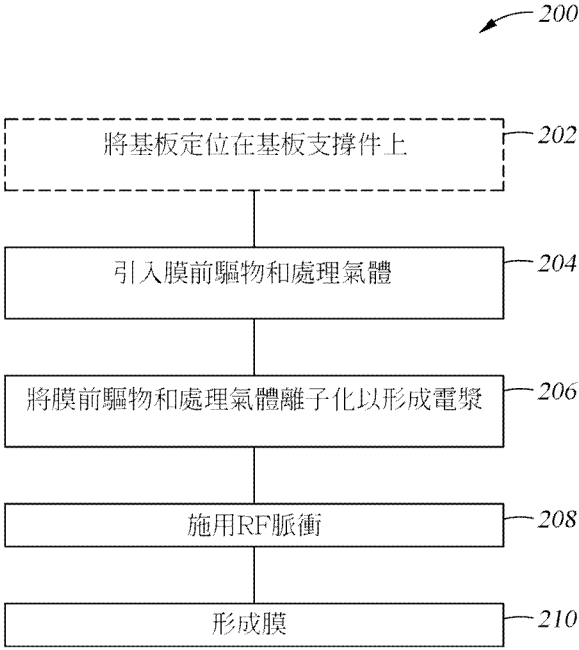


圖2

【發明摘要】

【中文發明名稱】透過脈衝式 RF 電漿之膜形成

【英文發明名稱】FILM FORMATION VIA PULSED RF PLASMA

【中文】

本案論述了使用脈衝式 RF 電漿來形成非晶和微晶膜的系統和方法。一種形成膜的方法可以包括以下步驟：(a) 由膜前驅物在處理腔室中形成電漿及 (b) 使 RF 功率源產生脈衝以使 RF 功率源產生的脈衝的工作循環的工作循環導通時間 (T_{ON}) 小於工作循環的總循環時間 (T_{TOT}) 的約 20%，以形成膜。方法可以進一步包括以下步驟：(c) 在處理腔室中的基板上沉積第一膜中間層；(d) 在 (c) 之後，淨化處理腔室；及 (e) 在 (d) 之後，將氫電漿引到處理腔室。此外，在方法中，重複 (b) - (e) 以形成膜。膜的膜內 (in-film) 氫含量可以小於約 10%。

【英文】

Systems and methods of using pulsed RF plasma to form amorphous and microcrystalline films are discussed herein. Methods of forming films can include (a) forming a plasma in a process chamber from a film precursor and (b) pulsing an RF power source to cause a duty cycle on time (T_{ON}) of a duty cycle of a pulse generated by the RF power source to be less than about 20% of a total cycle time (T_{TOT}) of the duty cycle to form the film. The methods can further include (c) depositing a first film

interlayer on a substrate in the process chamber; (d) subsequent to (c), purging the process chamber; and (e) subsequent to (d), introducing a hydrogen plasma to the process chamber. Further in the method, (b)-(e) are repeated to form a film. The film can have an in-film hydrogen content of less than about 10%.

【指定代表圖】第（ 2 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

2 0 0 : 方 法

2 0 2 : 操 作

2 0 4 : 操 作

2 0 6 : 操 作

2 0 8 : 操 作

2 1 0 : 操 作

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】透過脈衝式 RF 電漿之膜形成

【英文發明名稱】FILM FORMATION VIA PULSED RF PLASMA

【技術領域】

【0001】 本揭示案的實施方式一般係關於在諸如半導體基板和硬體部件的基板上的膜沉積。

【先前技術】

【0002】 電漿增強化學氣相沉積 (PECVD) 可以用於在半導體元件製造期間形成包括矽的膜和氫化物膜。當在 PECVD 形成的膜的頂部上形成後續的膜時，此類膜中的高氫 (H) 含量會導致整合問題 (integration issues)。整合問題可包括膜的剝離和產生泡沫以及膜中的氫向其他層的遷移 (migration)。可以在薄膜的 PECVD 沉積期間調節沉積溫度以改變膜的氫含量，但是高沉積溫度利用可能超過半導體製造操作的熱預算的能量的量。

【0003】 因此，在本領域中仍然需要一種在半導體基板和硬體部件上形成薄膜的改良方法。

【發明內容】

【0004】 本案論述用於使用 RF 脈衝式電漿形成膜的方法和系統。在一個態樣中，一種形成膜的方法包括以下步驟：使前驅物離子化，以在處理腔室的處理空間中形成電漿，以及使耦接至處理腔室的 RF 功率源產生脈衝。響應於 RF

功率的脈衝，在使RF功率源產生脈衝的步驟期間在基板上沉積膜，基板定位於處理空間內的基板支撐件上，其中膜的氫含量低於約10%。

【0005】 實施可以包括以下所述中的一或多個。在膜沉積期間，基板支撐件可以在350℃至450℃之間的溫度下。引入前驅物氣體的步驟包括以下步驟：經由與基板支撐件相對的氣體分配組件來引入前驅物氣體，在沉積膜的步驟期間，氣體分配組件處於約200℃至約350℃的溫度下。在RF功率源脈衝期間，可以以1 Å/s至8 Å/s的沉積速率沉積膜。使RF功率源產生脈衝的步驟可以包括以下步驟：使RF功率源的工作循環導通時間(duty cycle on time, T_{ON})小於約20%。前驅物氣體可以包括矽(Si)或鍺(Ge)。前驅物氣體可以包括氫。前驅物氣體可以包括C₂H₆、C₂H₂或GeH₄。

【0006】 在另一態樣中，一種形成膜的方法包括以下步驟：將前驅物引入處理腔室的處理空間，處理腔室具有腔室蓋件、腔室底部及在其間延伸的側壁，及使前驅物氣體離子化以形成電漿。使RF功率源產生脈衝以使RF功率源產生的脈衝的工作循環的工作循環導通時間(T_{ON})小於工作循環的總循環時間(T_{TOT})的約20%，及沉積氫含量低於約10%的膜。

【0007】 實施可以包括以下所述中的一或多個。RF功率源產生的脈衝的工作循環的工作循環導通時間(T_{ON})小於工作循環的總循環時間(T_{TOT})的約10%。膜可以包括低於約

5 % 的氫含量。膜的厚度變化可以小於約 6 %。可以將膜沉積在位於處理腔室中的基板支撐件上的基板上。可以將膜沉積在以下各者中的至少一個上：處理腔室的腔室蓋件、腔室底部和側壁。沉積膜的步驟可以以約 $1 \text{ \AA} / \text{min}$ 至約 $10 \text{ \AA} / \text{min}$ 的沉積速率發生。

【0008】 在另一態樣中，一種形成膜的方法包括以下步驟：(a) 由膜前驅物在處理腔室中形成電漿及 (b) 使 RF 功率源產生脈衝以使 RF 功率源產生的脈衝的工作循環的工作循環導通時間 (T_{ON}) 小於工作循環的總循環時間 (T_{TOT}) 的約 20 %。方法進一步包括以下步驟：(c) 在處理腔室中的基板上沉積第一膜中間層；(d) 在 (c) 之後，淨化處理腔室；及 (e) 在 (d) 之後，將氫電漿引到處理腔室。此外，在方法中，重複 (b) - (e) 以形成膜。

【0009】 實施可以包括以下所述中的一或多個。基板可以包括以下各者中的至少一個：處理腔室的蓋表面、處理腔室的底表面、處理腔室的側壁或位於處理腔室中的基板支撐件上的基板。在 (c) 步驟中的膜沉積速率可以為約 $1 \text{ \AA} / \text{min}$ 至約 $5 \text{ \AA} / \text{min}$ 。第一膜中間層的厚度可以為約 $2 \text{ \AA}$ 至約 $50 \text{ \AA}$ 。膜的厚度可以為約 $100 \text{ \AA}$ 至約 $500 \text{ \AA}$ 。

【0010】 在另一態樣中，一種非暫態電腦可讀媒體具有儲存在其上的指令，當處理器執行此些指令時，指令使處理施行上述設備和 / 或方法的操作。

【圖式簡單說明】

【0011】 本揭示案之特徵已簡要概述於前，並在以下有更詳盡之論述，可以藉由參考所附圖式中繪示之本案實施以作瞭解。然而，值得注意的是，所附圖式只繪示了示範實施且不會視為其範圍之限制，本揭示案可允許其他等效之實施。

【0012】 圖 1 是根據本揭示案的實施的基板處理系統的示意圖。

【0013】 圖 2 是根據本揭示案的實施的使用脈衝式 RF 電漿形成膜的方法的流程圖。

【0014】 圖 3 是根據本揭示案的實施的使用脈衝式 RF 電漿形成膜的另一種方法的流程圖。

【0015】 為便於理解，在可能的情況下，使用相同的元件符號代表圖式中相同的元件。可以預期的是，一個實施中的元件與特徵可有利地用於其他實施中而無需贅述。

【實施方式】

【0016】 以下揭示案一般係關於基板處理系統，且更具體地係關於使用脈衝式 RF 電漿沉積膜的設備和方法。在以下實施方式和圖 1 - 3 中闡述了某些細節，以提供對本揭示案的各種實施的完整理解。在下面的揭示中沒有闡述描述通常與光學檢測和基板定位相關聯的習知的結構和系統的其他細節，以避免不必要地混淆各種實施的說明。

【0017】 圖中所示的許多細節、尺寸、角度和其他特徵僅是說明特定實施。因此，在不背離本揭示案的精神或範圍

的情況下，其他實施可以具有其他細節、部件、尺寸、角度和特徵。可以在沒有以下所述的若干細節的情況下，實踐本揭示案的其他實施。此外，本說明書所述之設備說明是示例性的，不應被理解或解釋為限制本說明書所述實施之範圍。

【0018】 半導體元件可以包括含矽、含氮化物和含氫化物的薄膜。相同類型的薄膜也可以用於塗覆和保護在其中製造半導體元件的處理腔室部件。處理腔室可以經配置施行以下操作，包括：化學氣相沉積(CVD)、電漿增強CVD(PECVD)、原子層沉積(ALD)或物理氣相沉積(PVD)的操作。基板上或腔室部件上的薄膜品質可能會受到膜內雜質(如高氫含量(如10%或更高的膜內氫含量))的負面影響。若使用薄膜塗覆處理腔室部件，則保護塗層的不良(poor)膜品質可能導致保護塗層剝落並污染位於處理腔室中的基板。在另一實例中，當在半導體元件的基板上形成薄膜時，不良的膜品質可能為下游操作帶來挑戰(challenge)、產生廢料或使元件效能降低。膜內氫含量高可能為膜品質和整體元件品質帶來負面影響。例如，在不良品質的膜層上隨後形成的膜層可能發生黏附(adhesion)或其他品質問題，包括膜內氫含量的遷移。在其他實例中，在其上形成膜的下層(underlying layer)也可能遇到品質問題，包括膜內氫含量向下層的遷移。

【0019】 使用本案論述的系統和方法，在基板或腔室部件上的膜形成期間的電漿增強化學氣相沉積製程(PECVD)

期間使 RF 功率源產生脈衝 (pulsing)。形成的膜可以包括非晶矽、非晶碳或者矽或其他材料的微晶膜。在一個實例中，在膜沉積期間使 RF 功率源產生脈衝以形成具有預定膜內氫含量的膜。在一個實例中，膜內氫含量低於 10%，例如，在約 1% 至約 9% 的範圍內。在另一個實例中，膜內氫含量低於 5%，例如在約 1% 至約 4% 的範圍內。在又一個實例中，膜內氫含量低於 2%，例如，在約 0.1% 至約 1% 的範圍內。RF 功率源的每個脈衝包括總時間 (T_{TOT})，總時間 (T_{TOT}) 是當 RF 功率源打開 (T_{ON}) 時的「導通時間 (on-time)」(T_{ON}) 與當功率源斷開時的「斷開時間 (off-time)」(T_{OFF}) 的總和。 T_{ON} 和 T_{OFF} 中的各者可以定義為每個脈衝的 T_{ON} 與 T_{OFF} 的總和為 100% 情況下的工作循環的百分比。在 PECVD 膜形成期間，可以調節 RF 功率脈衝的工作循環 (duty cycle)，使得工作循環的 T_{ON} 部分小於 20%、15%、10% 或 5%。在一個實例中，在 PECVD 膜形成期間，可以調節 RF 功率的脈衝的工作循環，使得工作循環的 T_{ON} 部分小於 20%，例如，約 1% 至約 19%。在另一個實例中，在 PECVD 膜形成期間，可以調節 RF 功率的脈衝的工作循環，使得工作循環的 T_{ON} 部分小於 15%，例如，約 1% 至約 14%。在又一個實例中，在 PECVD 膜形成期間，可以調節 RF 功率的脈衝的工作循環，使得工作循環的 T_{ON} 部分小於 10%，例如，約 1% 至約 9%。在又一個實例中，在 PECVD 膜形成期間，可以調節 RF 功率的脈衝的工作循環，使得工作循環的 T_{ON} 部分小於 5%，例如，約 1%

至約4%。不受理論的束縛，但是據信可以藉由用氫稀釋氣體(hydrogen dilution gas)代替氮稀釋氣體來進一步降低膜內氫含量。

【0020】 在一些實例中，可以在脈衝式RF電漿沉積之前和/或在脈衝式RF電漿沉積期間加熱基板。可以使用繞基板所定位的基板支撐件周圍配置的加熱燈來加熱基板。在另一個實例中，可以使用基板支撐件中所包括的加熱元件來加熱基板。在一個實例中，當基板處於300℃至500℃（如350℃至450℃）的溫度下時，發生脈衝式RF電漿膜沉積。在可以與其他實例組合的一個實例中，在膜沉積期間腔室中的壓力為至少8 Torr，例如，約8 Torr至約20 Torr，如約8 Torr至約15 Torr。此外，可以藉由改變本案論述的脈衝式RF電漿PECVD操作的工作循環來調整膜性質，如折射率(n)、應力和消光係數(k)。

【0021】 在另一個實例中，以循環過程的方式(cyclic process)沉積膜，其中以低沉積速率來脈衝(pulse)電漿（如矽烷電漿）。低沉積速率可以為約1 Å/min至約5 Å/min。在存在有氮、氫或它們的組合的情況下，膜可以沉積到20埃(angstrom, Å)、10 Å、5 Å或者約3 Å至約20 Å（如約5 Å至約10 Å）的厚度。隨後，將膜暴露於氫電漿達一預定時間週期。重複沉積和氫電漿暴露步驟一或多次疊代，以形成具有目標膜內氫含量或折射率(n)、應力和/或消光係數(k)的膜。

【0022】 圖 1 是根據本揭示案的實施之包括系統 100 的基板處理系統的示意圖。系統 100 可以經配置為 CVD 系統，包括經配置為電漿增強 CVD (PECVD) 系統。系統 100 包括處理腔室 102，處理腔室 102 具有基板支撐件 104，基板支撐件 104 設置在處理腔室 102 內所形成的處理空間 146 內。處理腔室 102 包括腔室側壁 122、腔室底部 124 和腔室蓋件 140，腔室側壁 122、腔室底部 124 和腔室蓋件 140 界定處理空間 146。腔室蓋件 140 包括氣體分配組件 116，以利於處理氣體和 / 或電漿的分配。

【0023】 系統進一步包括系統控制器 118，系統控制器 118 可操作以控制處理腔室 102 的自動化方面。系統控制器 118 促進整個處理腔室 100 的控制和自動化，且可以包括中央處理單元 (CPU)、記憶體和支援電路 (或 I/O)。軟體指令及資料可以經編碼並儲存在用於對 CPU 下指令的記憶體內。系統控制器 118 可經由例如系統匯流排 (bus) 與處理腔室 102 的一或多個部件通訊。系統控制器 118 可讀的程式 (或電腦指令) 決定哪些任務可在基板上施行。在一些實施中，程式是系統控制器 118 可讀的軟體，系統控制器 118 可讀的軟體可以包括控制電漿源的脈衝、氣流、各種受控部件的運動順序及其任意組合的程式碼。

【0024】 儘管所示為單一系統控制器 118，但是應當理解，多個系統控制器可與本案描述的實施一起使用。例如，在一個實施中，第一控制器控制電漿源，及第二控制器控制腔室自動化。

【0025】 在一些實例中，基板支撐件104是基板支撐件基座。基板支撐件104可以包括將基板106固持或支撐在基板支撐件104的頂表面上的機構。基板106可以是包括矽和/或鍺的半導體基板。在一些實例中，基板106可以具有在其上形成的一或多個層，包括金屬層或介電層。固持機構的實例可包括靜電吸盤、真空吸盤、基板固持夾具等。基板支撐件104可以包括用於控制基板溫度的機構（如加熱和/或冷卻裝置）及/或用於控制靠近基板表面的物質通量和/或離子能量的機構。基板支撐件104包括設置在其中或以其他方式熱耦接到基板支撐件104的一或多個基板支撐件加熱元件108。一或多個功率源126耦接到一或多個基板支撐件加熱元件108，以例如在基板106處於300℃至500℃的溫度下（如350℃至450℃）時，將基板支撐件104加熱到預定溫度。在一實施中，一或多個功率源126經配置以提供至少5 kW的能量。在替代實例中，處理腔室102可以具有一或多個輻射熱燈（未圖示），其經定位以照射基板106和/或基板支撐件104。

【0026】 氣體分配組件116設置在處理腔室102中且與基板支撐件104相對設置。可以在處理腔室102中的一或多個操作（如膜沉積操作）之前和/或在處理腔室102中的一或多個操作期間，將氣體分配組件116加熱至約200℃至約350℃的溫度。可以在將基板106放置在處理腔室102中之前，確立(establish)氣體分配組件116的溫度。在處理腔室102中形成一或多個膜的期間中，氣體分配組件116的溫

度可以保持在預定的溫度範圍內或經改變在預定的溫度範圍內。氣體分配組件 116 的升高的溫度部分地藉由減少氣體分配組件 116 與基板 106 所位於的基板支撐件 104 之間的溫差來促進氣體流入處理腔室 102 中。在一個實例中，可以藉由將來自功率源 130 的功率施加到複數個溫度控制元件 110 來控制氣體分配組件 116 的溫度。在一個實例中，氣體分配組件 116 可以具有設置在其中的複數個溫度控制元件 110，複數個溫度控制元件 110 經配置在氣體分配組件 116 上產生溫度梯度和 / 或溫度區域。複數個溫度控制元件 110 可以用於升高、降低或維持氣體分配組件 116 的溫度。在一些實例中，氣體分配組件 116 可以耦接至 RF 源（未圖示），此 RF 源經配置在處理腔室 102 內的操作之前、期間和 / 或之後向氣體分配組件提供功率。

【0027】 氣體分配組件 116 進一步包括穿過氣體分配組件 116 的面板形成的複數個孔 132。從氣體歧管 114 引入處理腔室 102 的氣體經由複數個孔 132 被引入處理空間 146 中。如圖 1 所示，複數個孔 132 可以以各種配置佈置在氣體分配組件 116 上，氣體分配組件 116 包括腔室蓋件 140。在各種實例中，複數個孔 132 可以經佈置為同心環、環叢集、隨機定位的叢集或其他幾何形狀。儘管本案中將複數個孔 132 中的每個孔示為近似相同的直徑，但是可以預期，在其他實例中，孔 132 的直徑可以改變。在一些實例中，氣體分配組件 116 包括區域加熱，使得可以個別地或成組地

控制複數個溫度控制元件 110，以在腔室蓋件 140 上產生不同 (varying) 的溫度的區域。

【0028】 氣體分配組件 116 可以定位在可選的腔室襯套 120 附近，使得可選的腔室襯套 120 與氣體分配組件 116（以直接接觸的方式或以設置在它們之間的黏合劑的方式）齊平。在採用可選的腔室襯套 120 的實例中，襯套側壁 138 暴露於處理空間 146、可選的腔室襯套，因而保護腔室側壁 122。在一些實施中，可選的腔室襯套 120 可以進一步沿著處理腔室 102 的腔室底部 124（如底表面）設置。因此，處理腔室 102 的腔室側壁 122 可以藉由可選的腔室襯套 120 保護而不受處理空間 146 的影響。一或多個排氣系統（未圖示）可以耦接至處理腔室 102，並用於在處理期間或在處理之後從處理空間 146 去除過量的處理氣體或副產物。

【0029】 在一個實例中，氣體分配組件 116 可以進一步耦接至冷卻器板 148。在一個實例中，當冷卻器板 148 耦接至氣體分配組件 116 時，冷卻器板 148 利於對氣體分配組件 116 上的溫度或溫度梯度的控制。在一些實施中，冷卻器板 148 包括形成在冷卻器板 148 中的複數個通道（未圖示）。複數個通道允許由溫度控制流體供應（冷卻器）150 所提供的溫度控制流體流過冷卻器板 148，以促成對氣體分配組件 116 的溫度的控制。

【0030】 如本案所論述的，膜沉積操作可以包括在位於基板支撐件 104 上的基板 106 上形成一或多個膜，以及在處理

腔室 102 的暴露表面上形成一或多個膜。在一個實例中，（例如，當排除 (exclude) 可選的腔室襯套 120 時，）可以在腔室側壁 122 上形成在處理空間 146 內部所形成的一或多個膜。當在處理腔室 102 中使用可選的腔室襯套 120 時，因為藉由可選的腔室襯套 120 保護腔室側壁 122 不受處理空間 146 的影響，如本案所論述的形成的一或多個膜可以形成在襯套側壁 138 上而不是在腔室側壁 122 上。

【0031】 一或多個氣體源 112 經由氣體歧管 114 耦接至處理腔室 102。氣體歧管 114 耦接到氣體分配組件 116，且經配置以將一或多種氣體從一或多個氣體源 112 輸送到處理空間 146。一或多個氣體源 112 中的各者可以包含載氣、用於形成電漿的可離子化的氣體（如氫或 He）或用於形成膜的前驅物。RF 功率源 136 可以電耦接至腔室側壁 122 中的腔室壁電極 142。RF 功率源 136 可以是 13.56 MHz 的 RF 功率源。RF 功率源 136 可以進一步電耦接到設置在基板支撐件 104 中的基板支撐電極 152。可以經由 RF 功率源 136 在處理空間 146 中生成電漿。RF 功率源 136 是經配置以使用腔室壁電極 142（可以是正電極）和基板支撐電極 152（可以是接地電極）來產生 RF 場的調變功率源。可以在各種操作期間使 RF 功率源 136 產生脈衝 (pulse)。在一些實例中，遠端電漿源 134 可以用於將電漿輸送到處理腔室 102，且可以耦接到氣體分配組件 116。

【0032】 圖 2 是使用脈衝式 RF 電漿來形成膜的方法 200 的流程圖。方法 200 可以用於在處理腔室 102（如圖 1 所示的

處理腔室 102) 中的基板支撐件上所設置的基板上形成一或多個膜。在方法 200 的此實例中，在操作 202，將基板(如圖 1 中的基板 106)定位在基板支撐件(如基板支撐件 104)上。在另一實例中，方法 200 可以用於在基板上的處理腔室 102(其包括腔室側壁 122、腔室底部 124、腔室蓋件 140 和其他暴露的表面)內部形成一或多個膜(例如以陳化(season)處理腔室 102 內的一或多個表面)。如以上在圖 1 中所論述的，當採用可選的腔室襯套 120 時，可以在可選的腔室襯套 120 上形成一或多個膜。在一個實例中，在沒有將基板定位在處理腔室 102 中的情況下施行方法 200。在其他實例中，採用方法 200 以在定位於處理腔室 102 中的基板 106 上以及在處理腔室 102 的一或多個暴露表面上形成一或多個膜。

【0033】 在操作 204，將一或多種膜前驅物氣體引入處理腔室 102。一或多種膜前驅物氣體可以包括矽烷(SiH_4)、 Si_2H_6 或其他氫化物或矽基前驅物。在其他實例中，一或多種膜前驅物氣體可包括含有碳和氫的化合物。例如，一或多種膜前驅物氣體可以包括 C_2H_2 或 C_3H_6 。在另一實例中，一或多種膜前驅物氣體可以包括鍺，如 GeH_4 。在另一實例中，一或多種膜前驅物氣體可以包括砷(As)，如 AsH_3 。在一個實例中，在操作 204，以約 100 sccm 至約 1000 sccm 的流速引入一或多種膜前驅物氣體。在一個實例中，在操作 204，以約 300 sccm 至約 800 sccm 的流速引入一或多種膜前驅物氣體。

【0034】 此外，在操作204，可以將一或多種處理氣體引入處理腔室102中。在操作204，可以經由圖1的氣體分配組件116引入一或多種膜前驅物氣體和處理氣體。一或多種處理氣體可以包括氬(Ar)、氫和/或氦(He)。在一個實例中，在操作204，將氫和氬與至少一種膜前驅物氣體一起引入處理腔室102。在另一個實例中，在操作204，將氫、氬和氦引入處理腔室102。在另一個實例中，在操作204，將氬和氬引入處理腔室102。在操作204，可以以約6500 sccm至約8000 sccm的流速將氬引入處理腔室102。在操作204，可以以約100 sccm至約10,000 sccm的流速將氬引入處理腔室102。在一個實例中，在操作204，可以以約100 sccm至約1,000 sccm的流速將氬引入處理腔室102。在另一個實例中，在操作204，可以以約6,500 sccm至約8,000 sccm的流速將氬引入處理腔室102。在一個實例中，氬的流速與氫的流速的比率為約4:1至約9:1。在另一個實例中，氬的流速與氫的流速的比率為約5:1至約8:1。在一些實例中，在操作204引入的一或多種膜前驅物氣體與在操作204引入的一或多種處理氣體之間可以存在目標流速比(target flow rate ratio)。在一個實例中，至少一種膜前驅物氣體(F_{PC})的流速與處理氣體(F_G)的流速的比率($F_{PC}:F_G$)大於1:10。

【0035】 在另一個實例中，在操作204，將氬、氬和氦引入處理腔室102。在操作204，可以以約6,500 sccm至約8,000 sccm的流速將氬引入處理腔室102。在操作204，

可以以約 100 sccm 至約 10,000 sccm 的流速將氬引入處理腔室 102。在操作 204，可以以約 100 sccm 至約 1000 sccm 的流速將氬引入處理腔室 102。在一個實施中，氬的流速與氮的流速的比率為約 4:1 至約 9:1。在另一個實例中，氬的流速與氮的流速的比率為約 5:1 至約 8:1。

【0036】 在又一個實例中，在操作 204，將氬和氬引入處理腔室 102。在操作 204，可以以約 6,500 sccm 至約 8,000 sccm 的流速將氬引入處理腔室 102。在操作 204，可以以約 100 sccm 至約 10,000 sccm 的流速將氬引入處理腔室 102。在一個實施中，氬的流速與氮的流速的比率為約 4:1 至約 9:1。在另一個實例中，氬的流速與氮的流速的比率為約 5:1 至約 8:1。

【0037】 在操作 206，將一或多種前驅物和處理氣體離子化以形成電漿。在操作 208，在將一或多種處理氣體和一或多種前驅物氣體引入處理腔室中時，使如圖 1 中的 136 的 RF 功率源產生脈衝。在操作 208，每個脈衝具有工作循環的總時間 T_{TOT} 。 T_{TOT} 是 T_{ON} 和 T_{OFF} 的總和。在一個實例中，在操作 208 處的 T_{ON} 小於 T_{TOT} 的 30%，例如，約 20% 至約 29%。在另一個實例中，在操作 208 處的 T_{ON} 小於 T_{TOT} 的 20%，例如， T_{TOT} 的約 15% 至約 19%。在另一個實例中，在操作 208 處的 T_{ON} 小於 T_{TOT} 的 10%，例如， T_{TOT} 的約 5% 至約 9%。在一額外的實例中，在操作 208 處的 T_{ON} 小於 T_{TOT} 的 5%，例如， T_{TOT} 的約 1% 至約 4%。

【0038】 此外，在方法200中，至少在操作204、206和208處，處理腔室102中的壓力可以為約1 mTorr至約50 Torr。在另一個實例中，在至少操作204、206和208期間，處理腔室102中的壓力可以為約8 Torr至約50 Torr，例如約8 Torr至約20 Torr。此外，在方法200中，至少在操作204、206和208處，處理腔室102中的溫度可以為約300℃至約500℃。在其他實例中，在操作204、206和208，處理腔室102中的溫度可以為約350℃至約450℃。PECVD操作的功率密度是對處理腔室的每單位體積所施加至處理腔室的功率量。峰值功率密度是在處理腔室操作期間功率密度的最高值。在一個實例中，在膜沉積期間的峰值功率密度可以為0.03 W/cm²至約1.64 W/cm²。在另一個實例中，在膜沉積期間的峰值功率密度為約0.06 W/cm²或約0.12 W/cm²。在另一個實例中，方法200期間的功率密度可以為約0.03 W/cm²至約1.64 W/cm²。在一些實例中，方法200期間的功率密度為約0.06 W/cm²至約0.3 W/cm²。

【0039】 在方法200的操作210，形成膜。當施行操作202時，可以將在操作210處所形成的膜形成在基板106上。在其他實例中，可以將在操作210處所形成的膜形成在處理腔室102的蓋件、底部、側壁或其他暴露的表面上。在操作208，使用RF功率對電漿脈衝會降低處理空間146中的電漿的氫濃度，並增加從基板106的表面或處理腔室102的暴露表面的氫解吸(desorption)的速率。減少的解吸降

低在操作 210 處形成的膜的氫含量。響應於操作 208 的 T_{ON} 週期，在操作 210 處由膜前驅物形成膜會發生。

【0040】 在操作 210 處形成的膜可以經形成具有高達約 500 Å 的厚度。在操作 210 處形成的膜可以包括小於約 10 % 的氫含量。在其他實例中，在操作 210 處形成的膜可以包括小於約 5 % 的氫含量。在另一個實例中，在操作 210 處形成的膜可以包括小於約 3 % 的氫含量。在另一個實例中，在操作 210 處形成的膜可以包括小於約 2 % 的氫含量。在另一個實例中，在操作 210 處形成的膜可以包括小於約 1 % 的氫含量。響應於前驅物氣體的引入和電漿的脈衝而在操作 210 處形成的膜可以以約 10 Å/min 至約 1,000 Å/min 的速率沉積。在另一個實例中，沉積速率可以為約 80 Å/min 至約 300 Å/min。使用方法 200 形成的膜可以為非晶膜（如 a-Si）或多晶膜。使用方法 200 形成的膜可以在 633 nm 處具有約 4.25 至約 4.45 的折射率。在可以與本案的其他實例組合的另一個實例中，使用方法 200 形成的膜表現出約 0.140 至約 0.180 的消光係數 (k)。在可以與其他實例組合的另一個實例中，使用方法 200 形成的膜具有約 0.140 至約 0.160 的 k。在可以與本案的其他實例組合的另一個實例中，使用方法 200 形成的膜表現出約 -1100 MPa 至約 -300 MPa 的膜內應力。此外，在可以與本案中的其他實例組合的方法 200 的實例中，膜厚度的變化（也可以稱為膜均勻性）可以從小於約 1 % 至約 6 %。在可以與

本案其他實例組合的另一個實施例中，膜均勻度低於約4%。

【0041】 圖3是使用脈衝式RF電漿形成膜的方法300的流程圖。方法300類似於方法200，但是方法300以循環過程的方式形成膜。方法300可以用於在定位在處理腔室（如圖1所示的處理腔室102）中的基板支撐件上的基板上形成一或多個膜。在方法300的此實例中，在操作302，將基板（如圖1中的基板106）定位在基板支撐件上，例如，圖1中的基板支撐件104。在另一實例中，方法300可以用於在處理腔室102的內表面上形成一或多個膜，例如，陳化製程。在陳化製程中，在沒有將基板定位在處理腔室102中的情況下，施行方法300。在其他實例中，方法300用於在定位於處理腔室102中的基板106上以及在處理腔室102的內表面上形成一或多個膜。

【0042】 在操作304，將一或多種膜前驅物氣體引入處理腔室。一或多種膜前驅物氣體可以包括矽烷（ SiH_4 ）、 Si_2H_6 或其他含碳或含矽的前驅物。在其他實例中，一或多種膜前驅物氣體可以包括 C_2H_2 或 C_3H_6 。在另一實例中，一或多種膜前驅物氣體可以包括鍺，如 GeH_4 。在另一實例中，一或多種膜前驅物氣體可以包括砷（As），如 AsH_3 。在一個實例中，在操作304，以約100 sccm至約1,000 sccm的流速引入一或多種膜前驅物氣體。

【0043】 此外，在操作304，可以將一或多種處理氣體引入處理腔室102。在操作304，可以經由圖1的氣體分配組

件 116 引入一或多種膜前驅物氣體和處理氣體。一或多種處理氣體可以包括氬 (Ar)、氫和 / 或氦 (He)。在一個實例中，在操作 304，將氫和氬與至少一種膜前驅物氣體一起引入處理腔室。在另一個實例中，在操作 304，將氫、氬和氦都引入處理腔室。在另一個實例中，在操作 304，將氬和氬引入處理腔室。在操作 304，可以以約 6,500 sccm 至約 8,000 sccm 的流速將氬引入處理腔室。在操作 304，可以以約 100 sccm 至約 10,000 sccm 的流速將氬引入處理腔室。在操作 304，可以以約 100 sccm 至約 1,000 sccm 的流速將氬引入處理腔室。在另一個實例中，在操作 304，可以以約 6,500 sccm 至約 8,000 sccm 的流速將氬引入處理腔室。在一個實例中，氬的流速與氬的流速的比率為約 4:1 至約 9:1。在另一個實例中，氬的流速與氬的流速的比率為約 5:1 至約 8:1。在一些實例中，在操作 304 引入的一或多種膜前驅物氣體與在操作 304 引入的一或多種處理氣體之間可以存在目標流速比。在一個實例中，至少一種膜前驅物氣體 (F_{PC}) 的流速與處理氣體 (F_G) 的流速的比率 ($F_{PC}:F_G$) 大於 1:10。

【0044】 在另一個實例中，在操作 304，將氬、氬和氬引入處理腔室 102。在操作 304，可以以約 6,500 sccm 至約 8,000 sccm 的流速將氬引入處理腔室 102。在操作 304，可以以約 100 sccm 至約 10,000 sccm 的流速將氬引入處理腔室 102。在操作 304，可以以約 100 sccm 至約 1,000 sccm 的流速將氬引入處理腔室 102。在一個實施中，氬的

流速與氫的流速的比率為約4:1至約9:1。在另一個實例中，氫的流速與氫的流速的比率為約5:1至約8:1。

【0045】 在又一個實例中，在操作304，將氫和氬引入處理腔室102。在操作304，可以以約6,500 sccm至約8,000 sccm的流速將氫引入處理腔室102。在操作304，可以以約100 sccm至約10,000 sccm的流速將氬引入處理腔室102。在一個實施中，氫的流速與氫的流速的比率為約4:1至約9:1。在另一個實例中，氫的流速與氫的流速的比率為約5:1至約8:1。

【0046】 在操作306，將一或多種膜前驅物氣體離子化成電漿。在操作308，使諸如圖1中的136的RF功率源產生脈衝以沉積第一膜中間層，例如，膜的子部分。在操作308，可以將第一膜中間層沉積在基板106上。在另一實例中，在操作308，第一膜中間層可以沉積在處理腔室102的一或多個內表面上。在操作308期間，包括氬(Ar)和氫(He)的處理氣體可以存在於處理腔室中且被離子化成電漿。在一個實例中，在操作308期間，處理腔室102中不存在氬。在其他實例中，在操作308期間，氬電漿存在於處理腔室102中。

【0047】 在操作308處形成的第一膜中間層可以以約1 Å/min至約10 Å/min的速率沉積，如以約2 Å/min至約5 Å/min的速率沉積。在操作308，使用RF功率對電漿脈衝會降低處理空間中的氬電漿濃度，並且增加從表面氬解吸(hydrogen desorption)的速率，而將每個膜中間層

的氫含量降低到預定範圍內或小於預定最大值。如上所述，在操作308處的RF功率的每個脈衝具有工作循環的總時間 T_{TOT} ，其為 T_{ON} 和 T_{OFF} 的總和。在一個實例中，在操作308處的 T_{ON} 小於 T_{TOT} 的30%，例如，約20%至約29%。在一個實例中，在操作308處的 T_{ON} 小於 T_{TOT} 的20%，例如， T_{TOT} 的約15%至約19%。在一個實例中，在操作308處的 T_{ON} 小於 T_{TOT} 的10%，例如， T_{TOT} 的約5%至約9%。在又一個實例中，在操作308處的 T_{ON} 小於 T_{TOT} 的5%，例如， T_{TOT} 的約1%至約4%。在操作308的 T_{ON} 週期期間，由膜前驅物沉積膜中間層會發生。

【0048】 此外，在方法300，在操作304、306和308中的一或多個操作期間，處理腔室102中的壓力可以為約1 mTorr至約50 Torr。在另一個實例中，在操作304、306和308中的一或多個操作期間，處理腔室102中的壓力可以為約8 Torr至約50 Torr，例如約8 Torr至約20 Torr。此外，在方法300中，在操作304、306和308中的一或多個操作期間，處理腔室102中的溫度可以為約300℃至約500℃。在其他實例中，在操作304、306和308中的一或多個操作中，處理腔室102中的溫度可以為約300℃至約500℃。在又一其他實例中，在操作304、306和308中的一或多個操作中，處理腔室102中的溫度可以為約350℃至約450℃。方法300期間的功率密度可以為約0.03 W/cm²至約1.64 W/cm²。在一些實例中，方法300期間的功率密度為約0.06 W/cm²至約0.3 W/cm²。

【0049】 在操作 310，可選地淨化處理腔室 102 以去除前驅物電漿。在一些實例中，不施行淨化。在另一個實例中，使載氣和 / 或淨化氣體連續流動，使得電漿在腔室中保持點燃，並且停止前驅物氣體流以將其從腔室中去除。在不施行淨化的實例中，至少在操作 306 和 308 期間可以存在氫電漿。此外，在此實例中，方法 300 可以從操作 308 進行到操作 312。在操作 312，在處理腔室 102 中形成和 / 或維持氫電漿，並且將在操作 308 處形成的第一膜中間層暴露於氫電漿。

【0050】 在方法 300 的操作 314 中，由在操作 304、306、308、310 和 312 的一或多次疊代中沉積的一或多個中間層形成膜。透過這些疊代形成的中間層的總厚度可以高達約 50 Å。在每個循環中形成的每個中間層的厚度可以為約 2 Å 至約 49 Å。透過操作 304、306、308、310 和 312 的一或多次疊代而在操作 314 處形成的膜可以包括小於約 10 % 的氫含量，如小於約 5 % 或小於約 3 %，或小於約 2 %，如小於約 1 %。在操作 314 處形成的膜可以形成在處理腔室的內表面上。在可以與其他實例組合的另一個實例中，可以在定位於處理腔室 102 中的基板 106 上形成膜。在一個實例中，在操作 314 處形成的膜可以具有微晶粒結構。

【0051】 如此一來，使用本案論述的系統和方法，脈衝式 RF 電漿單獨使用或與 H 電漿 (H-plasma) 暴露結合使用以沉積膜。於此沉積的膜可以形成在基板上和 / 或在腔室部件或其他暴露的表面上。脈衝式 RF 電漿可以包括一或多種半

導體膜前驅物，且可以使用 RF 功率對電漿脈衝以具有複數個脈衝，其中工作循環導通時間小於約 20 %。

【0052】 實施可以包括以下優點中的一或多個。根據本案論述的方法形成的膜可以具有小於 10 % 的氫含量。本案論述的系統和方法可以形成包括預定膜性質（如消光係數、膜應力和折射率）的膜。

【0053】 本說明書中描述的實施和所有功能性操作可以在數位電子電路系統中或在電腦軟體、韌體或硬體中實施，包括在本說明書中揭露的結構構件及其等效結構、或其組合。本案描述的實施可以作為一或多個非暫態電腦程式產品來實現，即，有形地體現在機器可讀儲存裝置中的一或多個電腦程式，用於由資料處理設備（如可程式化處理器、電腦、或多個處理器或電腦）執行或控制資料處理設備的操作。

【0054】 本說明書中描述的處理和邏輯流程可以由執行一或多個電腦程式的一或多個可程式化處理器施行以藉由在輸入資料上操作或產生輸出來施行功能。處理和邏輯流程也可以由專用邏輯電路（如 FPGA（場可程式閘陣列）或 ASIC（特殊應用積體電路））施行，且設備也可以作為專用邏輯電路實現。

【0055】 術語「資料處理設備」涵蓋用於處理資料的所有設備、裝置和機器，以示例性的方式包括可程式化的處理器、電腦或多個處理器或電腦。除了硬體之外，設備還可以包括針對所論述的電腦程式產生執行環境的程式碼，如

構成處理器韌體、協議堆疊、資料庫管理系統、操作系統或其中的一或多個的組合之程式碼。例如，適合於執行電腦程式的處理器包括通用和專用微處理器，以及任何種類的數位電腦的任何一或多個處理器。

【0056】 適用於儲存電腦程式指令和資料的電腦可讀媒體包括所有形式的非揮發性記憶體、媒體和記憶裝置，包括例如半導體記憶裝置（如 EPROM、EEPROM 和快閃記憶體裝置）；磁碟（如內部硬碟或可拆卸式磁碟）；磁光碟；及 CD ROM 和 DVD-ROM 碟。處理器和記憶體可以由專用邏輯電路系統輔助或併入專用邏輯電路系統中。

【0057】 儘管前面所述針對本揭示案的實施，但在不背離本揭示案基本範圍及以下專利申請範圍所界定之範圍下，可設計本揭示案的其他與進一步的實施。

【符號說明】

【0058】

100：系統

102：處理腔室

104：基板支撐件

106：基板

108：基板支撐件加熱元件

110：溫度控制元件

112：氣體源

114：氣體歧管

- 1 1 6 : 氣 體 分 配 組 件
- 1 1 8 : 系 統 控 制 器
- 1 2 0 : 腔 室 襯 套
- 1 2 2 : 腔 室 側 壁
- 1 2 4 : 腔 室 底 部
- 1 2 6 : 功 率 源
- 1 3 0 : 功 率 源
- 1 3 2 : 孔
- 1 3 4 : 遠 端 電 漿 源
- 1 3 6 : R F 功 率 源
- 1 3 8 : 襯 套 側 壁
- 1 4 0 : 腔 室 蓋 件
- 1 4 2 : 腔 室 壁 電 極
- 1 4 6 : 處 理 空 間
- 1 4 8 : 冷 卻 器 板
- 1 5 0 : 溫 度 控 制 流 體 供 應
- 1 5 2 : 基 板 支 撐 電 極
- 2 0 0 : 方 法
- 2 0 2 : 操 作
- 2 0 4 : 操 作
- 2 0 6 : 操 作
- 2 0 8 : 操 作
- 2 1 0 : 操 作
- 3 0 0 : 方 法

- 3 0 2 : 操 作
- 3 0 4 : 操 作
- 3 0 6 : 操 作
- 3 0 8 : 操 作
- 3 1 0 : 操 作
- 3 1 2 : 操 作
- 3 1 4 : 操 作

【生物材料寄存】

國 內 寄 存 資 訊 (請 依 寄 存 機 構 、 日 期 、 號 碼 順 序 註 記)

無

國 外 寄 存 資 訊 (請 依 寄 存 國 家 、 機 構 、 日 期 、 號 碼 順 序 註 記)

無

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】 一種形成一膜的方法，包含以下步驟：

離子化一前驅物氣體以在一處理腔室的一處理空間中形成一電漿；

使耦接至該處理腔室的一 RF 功率源產生脈衝；及

響應於該脈衝步驟，在使該 RF 功率源產生脈衝的期間，在一基板上沉積一膜，該基板位於該處理空間內的一基板支撐件上，其中該膜包括一氫含量低於約 10 %。

【請求項 2】 如請求項 1 所述之方法，其中在該膜的沉積期間，該基板支撐件處於從 350 °C 至 450 °C 的一溫度。

【請求項 3】 如請求項 1 所述之方法，其中引入該前驅物氣體包含經由與該基板支撐件相對的一氣體分配組件來引入該前驅物氣體，在該膜的沉積期間，該氣體分配組件處於約從 200 °C 至約 350 °C 的一溫度。

【請求項 4】 如請求項 1 所述之方法，進一步包含在該 RF 功率源的脈衝期間，以 1 Å/s 至 8 Å/s 的一沉積速率沉積該膜。

【請求項 5】 如請求項 1 所述之方法，其中使該 RF 功率源產生脈衝包含使該 RF 功率源的一工作循環導通時間 (TON) 小於約 20 %。

【請求項 6】 如請求項 1 所述之方法，其中該前驅物氣體包含矽 (Si) 或鍺 (Ge)。

【請求項 7】 如請求項 1 所述之方法，其中該前驅物氣體包含氫。

【請求項 8】 如請求項 7 所述之方法，其中該前驅物氣體包含 C_2H_6 、 C_2H_2 或 GeH_4 。

【請求項 9】 一種形成一膜的方法，包含以下步驟：

引入一前驅物氣體至一處理腔室的一處理空間，該處理腔室具有一腔室蓋件、一腔室底部、及在該腔室蓋件與該腔室底部之間延伸的一側壁；

離子化該前驅物氣體以形成一電漿；

使一 RF 功率源產生脈衝以使該 RF 功率源產生的一脈衝的一工作循環的一工作循環導通時間 (T_{ON}) 小於該工作循環的一總循環時間 (T_{TOT}) 的約 20%；及

沉積具有一氫含量低於約 10% 的一膜。

【請求項 10】 如請求項 9 所述之方法，其中該 RF 功率源產生的一脈衝的一工作循環的該工作循環導通時間 (T_{ON}) 小於該工作循環的一總循環時間 (T_{TOT}) 的約 10%。

【請求項 11】 如請求項 9 所述之方法，其中該膜包括低於約 5% 的一氫含量。

【請求項 12】 如請求項 9 所述之方法，其中該膜具有一厚度變化小於約 6%。

【請求項 13】 如請求項 9 所述之方法，其中該膜沉積在位於該處理腔室中的一基板支撐件上的一基板上。

【請求項 14】 如請求項 9 所述之方法，其中該膜沉積在該處理腔室的該腔室蓋件、該腔室底部、和該側壁的至少一者上。

【請求項 15】如請求項 9 所述之方法，其中該膜的沉積發生在從約 $1 \text{ \AA}/\text{min}$ 至約 $10 \text{ \AA}/\text{min}$ 的一沉積速率。

【請求項 16】一種形成一膜的方法，包含以下步驟：

(a) 由一膜前驅物在一處理腔室中形成一電漿；

(b) 使一 RF 功率源產生脈衝以使該 RF 功率源產生的一脈衝的一工作循環的一工作循環導通時間 (T_{ON}) 小於該工作循環的一總循環時間 (T_{TOT}) 的約 20%；

(c) 在該處理腔室中的一基板上沉積一第一膜中間層；

(d) 在步驟 (c) 之後，淨化該處理腔室；

(e) 在步驟 (d) 之後，引入一氫電漿至該處理腔室；及

(f) 重複步驟 (b) 至 (e) 以形成一膜。

【請求項 17】如請求項 16 所述之方法，其中該基板包含以下各者中的至少一個：該處理腔室的一蓋表面、該處理腔室的一底表面、該處理腔室的一側壁、或位於該處理腔室中的一基板支撐件上的一基板。

【請求項 18】如請求項 16 所述之方法，其中在步驟 (c) 的一膜沉積速率為從約 $1 \text{ \AA}/\text{min}$ 至約 $5 \text{ \AA}/\text{min}$ 。

【請求項 19】如請求項 16 所述之方法，其中該第一膜中間層的一厚度為從 $2 \text{ \AA}$ 至 $50 \text{ \AA}$ 。

【請求項 20】如請求項 16 所述之方法，其中該膜的一厚度為從約 $100 \text{ \AA}$ 至約 $500 \text{ \AA}$ 。

