



(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 I837391 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：109121680

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 06 月 24 日

(51)Int. Cl. : G03F7/36 (2006.01)

G03F7/16 (2006.01)

G03F7/20 (2006.01)

H01L21/033 (2006.01)

H01J37/32 (2006.01)

(30)優先權：2019/06/26 美國

62/866,942

(71)申請人：美商蘭姆研究公司(美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：陳 暹華 TAN, SAMANTHA SIAMHWA (US)；游 正義 YU, JENGYI (US)；李 達 LI, DA (CN)；范譯文 FAN, YIWEN (CN)；潘 陽 PAN, YANG (SG)；馬克思 傑弗瑞 MARKS, JEFFREY (US)；古思喬 理查 A GOTTSCHO, RICHARD A. (US)；彼特 丹尼爾 PETER, DANIEL (US)；魏德曼 蒂莫西 威廉 WEIDMAN, TIMOTHY WILLIAM (US)；佛洛斯基 博里斯 VOLOSSKIY, BORIS (US)；楊文 兵 YANG, WENBING (CN)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

TW 201631377A

TW 201729006A

TW 201830472A

JP H8-69959A

US 2004/0229169A1

審查人員：李科

申請專利範圍項數：25 項 圖式數：15 共 81 頁

(54)名稱

利用鹵化物化學品的光阻顯影

(57)摘要

光阻的顯影對於例如用以在高解析度圖案化的背景下形成圖案化遮罩可為實用的。顯影可使用例如鹵化氫的含鹵化物化學品而完成。使用乾式或濕式沉積技術可在半導體基板上沉積含金屬光阻膜。該光阻膜可為 EUV 敏感的含有機金屬氧化物、或含有機金屬薄膜光阻。在曝光後，係使用濕式或乾式顯影將經光圖案化的含金屬光阻進行顯影。

Development of resists are useful, for example, to form a patterning mask in the context of high-resolution patterning. Development can be accomplished using a halide-containing chemistry such as a hydrogen halide. A metal-containing resist film may be deposited on a semiconductor substrate using a dry or wet deposition technique. The resist film may be an EUV-sensitive organo-metal oxide or organo-metal-containing thin film resist. After exposure, the photopatterned metal-containing resist is developed using wet or dry development.

指定代表圖：

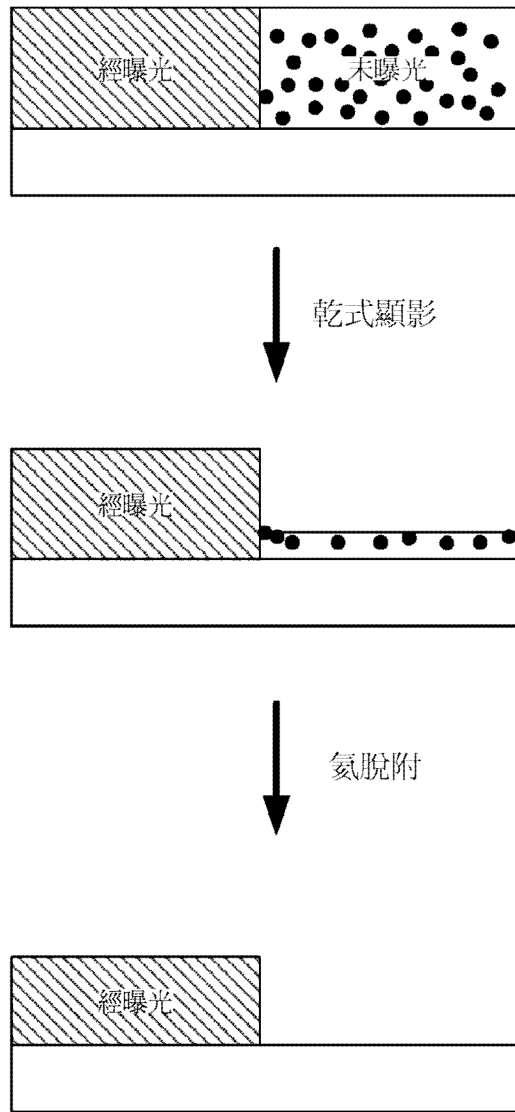


圖 4B



公告本

I837391

【發明摘要】

【中文發明名稱】 利用鹵化物化學品的光阻顯影

【英文發明名稱】 PHOTORESIST DEVELOPMENT WITH HALIDE
CHEMISTRIES

【中文】

光阻的顯影對於例如用以在高解析度圖案化的背景下形成圖案化遮罩可為實用的。顯影可使用例如鹵化氫的含鹵化物化學品而完成。使用乾式或濕式沉積技術可在半導體基板上沉積含金屬光阻膜。該光阻膜可為 EUV 敏感的含有機金屬氧化物、或含有機金屬薄膜光阻。在曝光後，係使用濕式或乾式顯影將經光圖案化的含金屬光阻進行顯影。

【英文】

Development of resists are useful, for example, to form a patterning mask in the context of high-resolution patterning. Development can be accomplished using a halide-containing chemistry such as a hydrogen halide. A metal-containing resist film may be deposited on a semiconductor substrate using a dry or wet deposition technique. The resist film may be an EUV-sensitive organo-metal oxide or organo-metal-containing thin film resist. After exposure, the photopatterned metal-containing resist is developed using wet or dry development.

【指定代表圖】 圖 4B

【代表圖之符號簡單說明】 無

【特徵化學式】 無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 利用鹵化物化學品的光阻顯影
【英文發明名稱】 PHOTORESIST DEVELOPMENT WITH HALIDE
CHEMISTRIES

【技術領域】

【0001】 本揭露總體上係關於半導體處理的領域。

【先前技術】

【0002】 諸如積體電路的半導體裝置之加工係涉及光微影術的多步驟處理。一般來說，該處理包括在晶圓上沉積材料、以及經由微影技術對該材料圖案化，以形成半導體裝置的結構特徵(例如，電晶體及電路系統)。在本領域中所習知的典型光微影處理之步驟包括：準備基板；例如藉由旋轉塗佈以施加光阻；將該光阻暴露至所欲圖案的光線，使得該光阻的經曝光區域變得更溶於、或更不溶於顯影劑溶液中；藉由施加顯影劑溶液進行顯影，以移除光阻的經曝光區域、或是未曝光區域；以及後續處理，例如藉由蝕刻或材料沉積以在光阻所移除的基板區域上創造特徵部。

【0003】 半導體設計的演進形成在半導體基板材料上創造越來越小的特徵部之需求，並由這種能力驅使半導體設計的演進。在「摩爾定律」中，這種技術進程的特徵在於每兩年使密集積體電路中的電晶體密度加倍。確實，晶片設計及製造已有進展，使得先進微處理器可在單一晶片上包含數十億個電晶體和其他電路特徵。在這種晶片上的獨立特徵可為 22 奈米 (nm) 或更小的數量級，在一些情況下係小於 10 nm。

【0004】 在製造具有這種微小特徵部的裝置之中的一個挑戰在於：能夠可靠地且可再現地創造具有足夠解析度之光微影遮罩的能力。當前的光微影處理通常係使用 193 nm 的紫外（UV）光以使光阻曝光。光的波長明顯大於在半導體基板上待製造的期望特徵部尺寸的事實造成了先天上的問題。要達成特徵部尺寸小於光的波長需要使用複雜的解析度增強技術，例如複數圖案化。因此，對於發展使用較短光波長，例如極紫外（EUV）輻射，具有 10 nm 至 15 nm 的波長（例如 13.5 nm）的光微影技術中係存在著重大關注與研究計畫。

【0005】 然而，EUV 光微影處理可能存在挑戰，包括在圖案化期間的低功率輸出與光損失。類似於在 193 nm UV 微影術中使用的那些，當在 EUV 微影術中使用傳統有機的化學放大光阻（chemically amplified resists, CAR）時會具有潛在的缺點，特別是因為它們在 EUV 區域中具有低吸收係數，且光活化性化學物種的擴散可能會造成模糊、以及線邊緣粗糙。此外，為了提供將下伏裝置層圖案化所需的蝕刻抗性，在傳統 CAR 材料中經圖案化的微小特徵部可能會冒著圖案崩塌的風險而形成高深寬比。於是，仍然存在著對改善 EUV 光阻材料的需求，所述改善 EUV 光阻材料係例如具有較低厚度、較高吸收率、以及較高蝕刻抗性的這些性質。

【0006】 此處所提供的先前技術係為了整體上呈現本揭露技術的背景。列名發明人的工作成果、至此先前技術部分中所描述的範圍、以及在申請時點可能不適格作為先前技術的敘述態樣，均不被明示或暗示地承認作為對抗本揭露技術的先前技術。

【發明內容】

【0007】光阻的顯影對於例如用以在高解析度圖案化的背景下形成圖案化遮罩可為實用的。使用某些顯影化學品，顯影可選擇性移除光阻的經曝光、或未曝光部分。顯影化學品可包括鹵化物，例如鹵化氫、或氫與鹵化物氣體的混合。在一些實施例中，顯影為乾式顯影。在一些實施例中，該光阻為經光圖案化的含金屬 EUV 光阻。在一些實施例中，乾式顯影處理為無電漿的熱處理。

【0008】在本文中所揭露的係半導體基板的處理方法與系統。半導體基板的處理方法包括在處理腔室中，在半導體基板的基板層上提供經光圖案化的含金屬光阻；以及透過暴露至包括鹵化物的顯影化學品而選擇性地移除該光阻的一部分，以將該經光圖案化的含金屬光阻加以顯影而形成一光阻遮罩。

【0009】在一些實行例中，該經光圖案化的含金屬光阻係一經光圖案化的含金屬 EUV 光阻。在一些實行例中，將該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻加以顯影係包括利用該顯影化學品將該 EUV 光阻之一未 EUV 曝光部分相對於一經 EUV 曝光部分進行選擇性地移除，以形成該光阻遮罩。在一些實行例中，該顯影化學品包括鹵化氫、氫氣與鹵素氣體、有機鹵化物、醯基鹵化物、羰基鹵化物、亞硫醯基鹵化物、或其混合。在一些實行例中，該顯影化學品包括氟化氫、氯化氫、溴化氫、或碘化氫。在一些實行例中，透過暴露至該顯影化學品以將該經光圖案化的含金屬光阻加以顯影係包括透過暴露至乾式顯影化學品以將該經光圖案化的含金屬光阻進行乾式顯影。在一些實行例中，將該經光圖案化的含金屬光阻進行乾式顯影係包括將包括該鹵化物之自由基的一遠端電漿施加至該光阻。在一些實行例中，將該經光圖案化的含金屬光阻進行乾式顯影係在介於 -60°C 與 120°C 之間的溫度下、介於 0.1 mTorr 與 500 Torr 之間或介於約 0.5 Torr 與約 760

Torr 之間的腔室壓力下、介於 100 sccm 與 2000 sccm 之間的該鹵化物之氣體流量下進行，該光阻遮罩的蝕刻選擇性係至少部分基於該溫度、該腔室壓力、該氣體流量、或其組合而能夠加以調整。在一些實行例中，該溫度係介於 -20°C 與 20°C 之間。在一些實行例中，該經光圖案化的含金屬光阻包括一元素，該元素係選自於由：錫、鉛、碲、鉍、銻、銻、碘、及鍺所構成的群組。在一些實行例中，該方法更包括：在將該經光圖案化的含金屬光阻加以顯影之後，將該經光圖案化的含金屬光阻暴露至一惰性氣體電漿。在一些實行例中，該方法更包括：在該半導體基板上沉積一含金屬 EUV 光阻膜；以及在提供該經光圖案化的含金屬光阻之前，在不移除該基板層的情況下將該含金屬 EUV 光阻膜從該半導體基板進行非選擇性移除。

【0010】 在本文中所揭露的係將光阻顯影的設備。該設備包括具有一基板支撐件的處理腔室；耦接至該處理腔室的一真空管線；以及耦接至該處理腔室的一顯影化學品管線。該設備更包括一控制器，配置具有用於處理一半導體基板的複數指令，該等指令包括編碼，用於：在一處理腔室中，在該半導體基板的一基板層上提供一經光圖案化的含金屬光阻；以及透過暴露至包括鹵化物的顯影化學品而選擇性地移除該光阻的一部分，以將該經光圖案化的含金屬光阻加以顯影而形成一光阻遮罩。

【0011】 在一些實行例中，該經光圖案化的含金屬光阻係一經光圖案化的含金屬 EUV 光阻，且其中該控制器係包括編碼以用於利用該顯影化學品將該 EUV 光阻之一未 EUV 曝光部分相對於一經 EUV 曝光部分進行選擇性地移除而形成該光阻遮罩，其中該控制器係配置具有指令且該等指令包括用於將該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻加以顯影的編碼。在一些實行例中，該設備更包括耦接至該基板支撐件的一或更多加熱器，其中該一或更多加熱器包括複數可獨立控制的溫度控制區域。在一些實行例中，該處

理腔室的內部係塗覆著腐蝕抑制劑。在一些實行例中，該設備更包括耦接至該處理腔室的冷凝阱，其中該冷凝阱係配置以將水從該處理腔室移除。在一些實行例中，該設備更包括耦接至該處理腔室的一 UV 燈或 IR 燈，其中該 UV 燈或 IR 燈係配置以將該經光圖案化的含金屬光阻固化、或是將過量鹵化物從該處理腔室移除。

【0012】 在本文中所揭露的係半導體基板的處理方法。該方法包括在一處理腔室中，在一半導體基板的一基板層上提供經乾式沉積的一經光圖案化的金屬氧化物 EUV 光阻；以及透過暴露至包括鹵化氫的乾式顯影化學品而選擇性地移除該 EUV 光阻的一未 EUV 曝光部分，以將該經光圖案化的金屬氧化物 EUV 光阻進行乾式顯影，而從經 EUV 曝光部分形成一光阻硬遮罩。

【0013】 在一些實行例中，乾式顯影係在無電漿的熱處理中進行，其中暴露至該乾式顯影化學品係在介於約 -20°C 與約 20°C 之間的溫度下進行。在一些實行例中，該經光圖案化的金屬氧化物 EUV 光阻係包括有機錫氧化物。

【0014】 所揭露實施例的這些及其他特徵將參照相關圖式而詳細描述於下。

【圖式簡單說明】

【0015】 圖 1 係根據一些實施例而呈現用於將光阻進行沉積與顯影之示例性方法的流程圖。

【0016】 圖 2A-2C 係根據一些實施例而顯示乾式顯影的各種處理階段之橫剖面示意圖。

【0017】圖 3 係根據一些實施例所繪示的示例性乾式顯影機制，以用於溴化氫（HBr）對於 EUV 光阻之經曝光與未曝光部分的化學反應。

【0018】圖 4A 係根據一些實施例而顯示在不施加惰性氣體電漿的情況下進行乾式顯影的橫剖面示意圖。

【0019】圖 4B 係根據一些實施例而顯示在將惰性氣體電漿循環以去殘渣的情況下進行乾式顯影的橫剖面示意圖。

【0020】圖 5 顯示一圖表，該圖表係比較在乾式顯影期間使用氬電漿的 EUV 光阻的經曝光與未曝光部分之間的蝕刻速率。

【0021】圖 6A 與 6B 顯示將濕式顯影與乾式顯影關於線路崩塌加以比較的掃描式電子顯微鏡（SEM）影像。

【0022】圖 7A 與 7B 顯示將濕式顯影與乾式顯影關於控制粗糙度及臨界尺寸（CD）加以比較的 SEM 影像。

【0023】圖 8 顯示將濕式顯影與乾式顯影關於在硬遮罩開口後的殘渣加以比較的 SEM 影像。

【0024】圖 9A 與 9B 顯示複數圖表，該等圖表係繪示在不同壓力及溫度的情況下，第二曝光後烘烤操作對於乾式顯影的選擇性所造成的影響。

【0025】圖 10 顯示複數 SEM 影像，該等 SEM 影像繪示壓力對於 EUV 光阻輪廓的影響。

【0026】圖 11A 與 11B 顯示在不同線路/間隔的節距、與不同厚度下的 EUV 光阻之 SEM 影像。

【0027】圖 12 係根據一些實施例而繪示用於維持低壓環境的示例性處理站之示意圖，該低壓環境係適合用於執行顯影、清洗、重工、去殘渣與平滑化操作。

【0028】圖 13 繪示出示例性多站處理工具的示意圖，以用於實行本文所述的顯影、清洗、重工、去殘渣與平滑化操作。

【0029】圖 14 顯示出示例性感應耦合式電漿設備之橫剖面示意圖，以用於實行本文所述的某些實施例及操作。

【0030】圖 15 繪示半導體處理群集工具架構，該半導體處理群集工具架構具有與真空轉移模組連接的真空整合沉積及圖案化模組，而適合用於實行本文所述的處理。

【實施方式】

【0031】本揭露總體上係關於半導體處理的領域。在特定態樣中，本揭露係指向使用鹵化物化學品以將光阻（例如，含 EUV-敏感性金屬及/或金屬氧化物的光阻）顯影的處理及設備，以例如在 EUV 圖案化的背景下形成圖案化遮罩。

【0032】在本文中係詳細地參照本揭露的特定實施例。這些特定實施例的示例係繪示在隨附圖式中。雖然將結合這些特定實施例來描述本揭露，但將能理解的是，這並非意旨於使本揭露受限於這些特定實施例。相反地，其係意旨於可涵蓋在本揭露之精神及範圍內所可包括的變更、修正、及均等物。在下列敘述中，許多具體細節係闡述以提供對本揭露的透徹理解。本揭露可在不具有一些或所有這些具體細節的情況下實施。在其他情況下，並未詳細描述習知的處理操作以免不必要地模糊本揭露。

前言

【0033】在半導體處理中，薄膜的圖案化經常是半導體加工中的重要步驟。圖案化係涉及微影術。在習知的光微影術中（例如，193 nm 光微影

術)，係透過將光子從光子來源發射至遮罩上並將圖案印在感光光阻上來印出圖案，從而在該光阻中產生化學反應，並且在顯影後移除光阻的某些部分以形成圖案。

【0034】先進的技術節點（如國際半導體技術發展藍圖所定義）包括 22 nm、16 nm、及更低節點。舉例來說，在 16 nm 節點中，鑲嵌結構中的典型通孔或線路之寬度通常不大於約 30 nm。將先進半導體積體電路（IC）及其他裝置上的特徵部進行微縮係驅使微影術改善解析度。

【0035】與習知光微影方法所能達到的相比，極紫外（EUV）微影術可藉由移往更小的成像來源波長來擴展微影技術。大約位於 10-20 nm、或 11-14 nm 波長（例如，13.5 nm 波長）的 EUV 光源可使用於前緣微影工具，亦稱為掃描器。由於 EUV 的輻射係被各種固體及流體材料（包括石英、及水蒸氣）強烈吸收，而因此在真空中進行操作。

【0036】EUV 微影術係使用經圖案化的 EUV 光阻，以形成在蝕刻下伏層中所使用的遮罩。EUV 光阻可為藉由基於液體之旋塗技術所製造的基於聚合物之化學放大光阻（CAR）。CAR 的替代品係可直接光圖案化的含金屬氧化物膜，例如可取得自 Inpria, Corvallis, OR，以及例如在美國專利公開第 2017/0102612 號、第 US 2016/021660 號、及第 US 2016/0116839 號中描述的那些，至少它們對可光圖案化之含金屬氧化物膜的揭露係以參照的方式併入本文中。這種膜可藉由旋塗技術或乾式氣相沉積加以製造。含金屬氧化物膜可藉由在真空環境中的 EUV 曝光而直接進行圖案化（即，不使用個別的光阻），以提供次 30 nm（sub-30 nm）的圖案化解析度，例如在 2018 年 6 月 12 日領證且標題為「EUV PHOTOPATTERNING OF VAPOR-DEPOSITED METAL OXIDE-CONTAINING HARDMASKS」的美國專利第 9,996,004 號中、及/或在 2019 年 5 月 9 日所提申且標題為

第 8 頁，共 60 頁(發明說明書)

「METHODS FOR MAKING EUV PATTERNABLE HARD MASKS」的申請案第 PCT/US19/31618 號中所描述，其至少關於可直接光圖案化的含金屬氧化物膜的組成、沉積、與圖案化以形成 EUV 光阻遮罩的揭露係以參照的方式併入本文中。一般而言，圖案化係涉及利用 EUV 輻射來使 EUV 光阻曝光以在光阻中形成光學圖案，隨後進行顯影以根據該光學圖案而移除光阻的一部分，以形成遮罩。

【0037】 還應理解的是，雖然本揭露係關於以 EUV 微影術作為示例的微影圖案化技術及材料，然而其亦可應用於其他的次世代微影技術。除了包括在當前使用及發展中標準 13.5 nm EUV 波長的 EUV 之外，與這種微影術最相關的輻射來源為深 UV (DUV)，DUV 通常是指使用 248 nm 或 193 nm 的準分子雷射來源；X 光，其形式上在 X 光範圍的較低能量範圍處包括 EUV；以及電子束，其可涵蓋廣泛的能量範圍。這些特定方法可取決於在半導體基板及終端半導體裝置中使用的特定材料及應用。因此，在本申請案中所描述的方法僅為可在本技術中使用的示例性方法及材料。

【0038】 直接可光圖案化的 EUV 光阻可由混合在有機成分內的金屬及/或金屬氧化物所構成、或是包含混合在有機成分內的金屬及/或金屬氧化物。金屬/金屬氧化物係非常具有前景的，因為它們可增強 EUV 光子的吸收率並產生第二電子、及/或顯示對於下伏膜堆疊及裝置層的增強蝕刻選擇性。至今，已使用濕式（溶劑）方法將這些光阻顯影，濕式方法需要將晶圓移動至軌道使晶圓在軌道處暴露至顯影溶劑、乾燥及烘乾。濕式顯影不僅限制了生產力，還會因為表面張力效應及/或剝落而造成線路崩塌。

【0039】 乾式顯影已被提出以藉由消除基板剝落與介面失靈來克服這些議題。乾式顯影可改善效能（例如，避免在濕式顯影中由於表面張力及剝落所造成的線路崩塌）並增加生產量（例如，藉由避免濕式顯影的軌

道)。其他優點可包括排除有機溶劑顯影劑的使用、減少對附著性議題的敏感性、提高用於改良劑量效率的 EUV 吸收性、以及不具基於溶解度的限制。乾式顯影還可提供更多的可調性，並給予進一步的臨界尺寸 (CD) 控制、以及殘渣 (scum) 移除。

【0040】 乾式顯影具有其自身的挑戰性，包括在未曝光與經 EUV 曝光光阻材料之間的蝕刻選擇性，當與濕式顯影相比時，該蝕刻選擇性可能導致較高的劑量以用於有效光阻曝光的尺寸需求。次佳的選擇性還可能因為在蝕刻氣體下的較長暴露而導致 PR 轉角圓化，而可能在後續的蝕刻轉移步驟中使線路的 CD 偏差增加。

EUV 光阻的顯影

【0041】 根據本揭露的各種態樣，係藉由暴露至含鹵素化學品以將經光圖案化的含金屬光阻進行顯影。在半導體基板上係設置含 EUV-敏感的金屬、或金屬氧化物膜，例如有機錫氧化物。該含 EUV-敏感的金屬、或金屬氧化物膜係藉由在真空環境中的 EUV 曝光而直接圖案化。接著，使用顯影化學品將圖案顯影而形成光阻遮罩。在一些實施例中，顯影化學品為乾式顯影化學品。在一些實施例中，乾式顯影化學品包括氫與鹵化物。這種乾式顯影技術可在使用溫和電漿（高壓、低功率）、或是熱處理時而流動氫與鹵化物的乾式顯影化學品予以完成。本揭露提供配置以在光阻遮罩成形處理的一部分時將含金屬光阻進行顯影的處理及設備。各種實施例包括藉由氣相沉積、EUV 微影圖案化、以及乾式顯影以結合所有的乾式操作。各種其他實施例包括濕式與乾式處理操作的組合，例如可將旋塗 EUV 光阻（濕式處理）與乾式顯影、或本文中所述的其他濕式或乾式處理結合。還描述各種沉積後（或是施加後）處理，例如晶邊及背側清洗、腔室清洗、

去殘渣、平滑化、以及固化，以改質並增強膜特性；以及光阻的重工(rework)處理。

【0042】圖 1 係根據一些實施例而呈現用於將光阻進行沉積與顯影之示例性方法的流程圖。處理 100 的操作可在不同順序、及/或伴隨不同、更少、或附加的操作下執行。該處理 100 的實施態樣可參照圖 2A-2C、3、及 4A-4B 加以描述。該處理 100 的一或更多操作可使用圖 12-15 的任一者中所描述的設備而執行。在一些實施例中，該處理 100 的操作可至少部分地根據儲存在一或更多非瞬態電腦可讀媒體中的軟體而加以實施。

【0043】在該處理 100 的方塊 102 處，係沉積光阻層。這可為乾式沉積處理（例如，氣相沉積處理）、或是濕式處理（例如，旋塗沉積處理）。

【0044】該光阻可為含金屬 EUV 光阻。透過任何合適技術，包括濕式（例如，旋塗）或乾式（例如，CVD）沉積技術，可在半導體基板上沉積含 EUV-敏感金屬、或金屬氧化物膜。舉例來說，已將所述處理展示用於基於有機錫氧化物的 EUV 光阻組成，其中有機錫氧化物可應用於商用可旋塗配方（例如，可取得自 Inpria Corp, Corvallis, OR）、以及使用乾式真空沉積技術所應用的配方兩者，其係進一步描述於下。

【0045】半導體基板可包括適合用於光微影處理的任何材料構成，尤其係用於積體電路與其他半導體裝置的製造。在一些實施例中，半導體基板為矽晶圓。半導體基板可為已在其上形成特徵部（「下伏特徵部」）的矽晶圓，而具有不規則的表面形貌。如本文中所指，「表面」係待將本揭露的膜沉積於其上的表面、或是在處理期間待暴露至 EUV 的表面。下伏特徵部可包括在實施本揭露的方法之前，已在處理期間將其中之材料移除（例如，藉由蝕刻）的區域、或是已在其中將材料添加（例如，藉由沉積）的

區域。這種事先處理可包括本揭露的方法、或是反覆處理中的其他處理方法，以藉此在基板上形成二或更多特徵部的層。

【0046】 可在半導體基板上沉積 EUV-敏感薄膜，這種膜可作為後續 EUV 微影術及處理所用的光阻。這種 EUV-敏感薄膜所包括的材料在暴露至 EUV 後會產生變化，例如與富含低密度 M-OH 材料中的金屬原子鍵結的大型側部取代基（pendant substituent）之減損，以允許它們交聯（crosslink）至較緊密 M-O-M 鍵結的金屬氧化物材料。相對於未曝光的區域，經由 EUV 圖案化係創造出改變物理或化學性質的膜區域。這些性質在後續處理中係可利用的，例如用以溶解未曝光或經曝光區域、或是用以在經曝光或未曝光區域上選擇性沉積材料。在一些實施例中，在執行這種後續處理的條件下，未曝光的膜具有比經曝光的膜更疏水的表面，舉例來說，可藉由運用膜的化學組成、密度、以及交聯的差異以執行材料的移除。移除可藉由濕式處理或乾式處理進行，如進一步描述於下。

【0047】 在各種實施例中，該薄膜為有機金屬材料，例如包括錫氧化物、或是其他金屬氧化物材料/基團（moiety）的有機錫材料。有機金屬化合物可藉由有機金屬前驅物與對應反應物（counter-reactant）在氣相中的反應所製得。在各種實施例中，該有機金屬化合物係形成於：經由將具有大型烷基或氟烷基之有機金屬前驅物的特定組合物與對應反應物混合、並在氣相中將混合物進行聚合，以製造在半導體基板上沉積的低密度 EUV-敏感材料。

【0048】 在各種實施例中，有機金屬前驅物在各金屬原子上包括可在氣相反應下留存的至少一烷基，而配位至該金屬原子的其他配位基或離子可由該對應反應物所取代。有機金屬前驅物係包括化學式的那些：



第 12 頁，共 60 頁(發明說明書)

中，係藉由在鄰近的金屬原子之間形成氧橋而將對應反應物與有機金屬前驅物反應。其他可能的對應反應物包括可經由硫橋以將金屬原子進行交聯的硫化氫、及二硫化氫。

【0052】 該薄膜可包括除了有機金屬前驅物及對應反應物之外的任選材料，以對膜的化學或物理性質加以改質，例如用以將膜對於 EUV 的敏感度、或是提高蝕刻抗性加以改質。在半導體基板上進行沉積之前、或在沉積薄膜之後（或是兩者），可例如在氣相成形期間藉由摻雜以導入這種任選材料。在一些實施例中，可導入溫和的遠端 H₂ 電漿，以將一些 Sn-L 鍵取代成 Sn-H，Sn-H 可提高光阻在 EUV 下的反應性。

【0053】 在各種實施例中，係使用本領域中所習知的那些氣相沉積設備與處理以在半導體基板上製造並沉積可 EUV 圖案化膜。在這種處理中，聚合的有機金屬材料係在氣相中形成、或是在半導體基板的表面上原位形成。合適的處理例如包括化學氣相沉積（CVD）、原子層沉積（ALD）、以及伴隨 CVD 成分的 ALD，例如不連續的類 ALD 處理，在該類 ALD 處理中金屬前驅物與對應反應物在時間或空間中係獨立的。

【0054】 通常，方法包括將有機金屬前驅物的蒸氣流與對應反應物的蒸氣流混合，以形成經聚合的有機金屬材料；以及將該有機金屬材料沉積在半導體基板的表面上。在一些實施例中，在蒸氣流中係包括多於一種有機金屬前驅物。在一些實施例中，在蒸氣流中係包括多於一種對應反應物。本領域中具有通常知識者將能理解的是，在實質連續的處理中，該處理的混合及沉積態樣可同時進行。

【0055】 在示例性的連續 CVD 處理中，係將位於分離入口路徑中的有機金屬前驅物及對應反應物之來源的二或更多氣流導引至 CVD 設備的沉積腔室，在所述沉積腔室中它們在氣相中混合並進行反應以形成聚結的

(agglomerated) 聚合材料 (例如, 經由形成金屬-氧-金屬鍵)。所述氣流可例如使用分離的注入口、或是雙重氣室 (dual-plenum) 的噴淋頭加以導入。所述設備係配置以在腔室中混合有機金屬前驅物與對應反應物的氣流, 以允許有機金屬前驅物與對應反應物進行反應而形成經聚合的有機金屬材料。不受限於本技術之機制、功能、或用途, 據信由於金屬原子係被對應反應物進行交聯, 造成這種氣相反應所得到的產物在分子量中變得更重, 並接著被冷凝或以其他方式沉積在半導體基板上。在各種實施例中, 大型烷基團的立體障礙防止形成緊密堆疊的網狀結構, 並產生平滑、無定型、且低密度的膜。

【0056】 CVD 處理通常係在例如從 10 毫托至 10 托的減壓下進行。在一些實施例中, 該處理係在 0.5 至 2 托下進行。在一些實施例中, 半導體基板的溫度係等於或低於反應物流的溫度。舉例來說, 基板溫度可從 0°C 至 250°C、或是從室溫 (例如, 23°C) 至 150°C。在各種處理中, 在基板上沉積經聚合的有機金屬材料係在與表面溫度成反比的速率下發生。

【0057】 在一些實施例中, 係使用本領域中所習知的那些濕式沉積設備與處理以在半導體基板上製造並沉積可 EUV 圖案化膜。舉例來說, 透過旋轉塗佈以在半導體基板的表面上形成有機金屬材料。

【0058】 在半導體基板的表面上所形成的可 EUV 圖案化膜之厚度係可根據表面特性、所使用的材料、以及處理條件而加以改變。在各種實施例中, 膜厚度可從 0.5 nm 至 100 nm, 並可為充分厚度以在 EUV 圖案化的條件下吸收大部分的 EUV 光。該可 EUV 圖案化膜可具有提供等於或大於 30% 吸收率的能力, 而大幅減少朝向該可 EUV 圖案化膜之底部所可利用的 EUV 光子。與經 EUV-曝光膜的底部相比, 較高的 EUV 吸收率在該經 EUV-曝光膜的頂部附近造成較多的交聯與緻密化。雖然不充分的交聯可能會在

濕式顯影中導致光阻較易於剝落或崩塌，但這種風險並不存在於乾式顯影中。全乾式的微影方法可藉由較不透光的光阻膜來促進將 EUV 光子使用得更加有效率。雖然利用具有較高的整體吸收率的可 EUV 圖案化膜可有效率地使用 EUV 光子，但將能理解的是，在一些情況下該可 EUV 圖案化膜可少於約 30%。作為對比，大部分的其他光阻膜之最大整體吸收率係小於 30%（例如，10%或更少、或是 5%或更少），以使位於光阻膜之底部處的光阻材料充分曝光。在一些實施例中，膜厚度係從 10 nm 至 40 nm、或從 10 nm 至 20 nm。不受限於本揭露之機制、功能、或用途，據信本揭露的處理對於基板的表面附著性質具有較少的限制，而不像是本領域中的濕式旋塗處理，因此可應用於各式各樣的基板。此外，如上所述，所沉積的膜可與表面特徵部緊密地保形，以在基板（例如，具有下伏特徵部的基板）上的遮罩形成中提供優勢，而不會以「填入」、或以其他方式使這種特徵部平坦化。

【0059】 在方塊 104 處，執行任選的清洗處理以清洗半導體基板的背側及/或晶邊周緣。背側及/或晶邊周緣的清洗可非選擇地蝕刻 EUV 光阻膜，以均等地將基板背側及晶邊周緣上具有各種氧化或交聯程度的膜移除。在藉由濕式沉積處理或乾式沉積處理以施加可 EUV 圖案化膜的期間，基板晶邊周緣及/或背側上可能會存在一些光阻材料的非預期沉積。所述非預期沉積可能導致不期望的微粒，所述微粒後續移動至半導體基板的頂表面並成為微粒缺陷。此外，這種晶邊周緣及背側的沉積可能造成下游處理的問題，包括圖案化（掃描器）及顯影工具的污染。傳統上，係藉由濕式清洗技術來移除這種晶邊周緣及背側的沉積。對於旋轉塗佈的光阻材料，這種處理係稱作邊緣珠移除（EBR），並係透過當基板正在旋轉時從晶邊周緣的上

方及下方導入溶劑流而加以執行。可將所述的相同處理施加至透過氣相沉積技術所沉積的可溶性基於有機錫氧化物光阻。

【0060】 基板晶邊周緣及/或背側的清洗還可為乾式清洗處理。在一些實施例中，該乾式清洗處理係涉及具有下列氣體之一或更多者的蒸氣及/或電漿：HBr、HCl、BCl₃、SOCl₂、Cl₂、BBr₃、H₂、O₂、PCl₃、CH₄、甲醇、氨、甲酸、NF₃、HF。在一些實施例中，該乾式清洗處理可使用與本文所述的乾式顯影處理相同的化學品。舉例來說，晶邊周緣及背側的清洗可使用鹵化氫的顯影化學品。對於背側及晶邊周緣的清洗處理，必須將蒸氣及/或電漿限制在基板的特定區域，以確保僅移除背側及晶邊，而不會使基板前側上的任何膜劣化。

【0061】 可將處理條件最佳化以用於晶邊周緣及背側的清洗。在一些實施例中，較高溫度、較高壓力、及/或較高反應物流量可造成蝕刻速率增加。取決於光阻膜、及組成、與性質，對於乾式晶邊周緣及背側清洗的合適處理條件可為：100-10000 sccm 的反應物流量（例如，500 sccm 的 HCl、HBr、HI、或 H₂ 及 Cl₂ 或 Br₂、BCl₃ 或 H₂）、20 至 140°C 的溫度（例如，80°C）、20-1000 毫托的壓力（例如，100 毫托）、高頻（例如，13.56 MHz）下 0 至 500 W 的電漿功率、以及約 10 至 20 秒的時間。應當理解，儘管這些條件係適合用於一些處理反應器，例如可從 Lam Research Corporation, Fremont, CA 取得的 Kiyoo 蝕刻工具，但可根據處理反應器的性能而使用各種處理條件。

【0062】 例如當原來的光阻受損、或是具有其他缺陷時，可將乾式清洗操作替代性地延伸以完全移除光阻、或是將光阻「重工」，在將光阻「重工」中係將所施加的 EUV 光阻移除，並將半導體基板準備以再次施加光阻。光阻的重工應當在不損害下伏半導體基板的情況下完成，因此應避免

進行基於氧的蝕刻。反而，可使用本文中所述的含鹵化物化學品之變體。將能理解，可在處理 100 期間的任何階段應用光阻的重工操作。因此，光阻的重工操作可在沉積光阻後、清洗晶邊周緣及背側後、PAB 處理後、EUV 曝光後、PEB 處理後、或顯影後加以應用。在一些實施例中，可將光阻的重工執行用於光阻之經曝光及未曝光區域的非選擇性移除，但對下伏層具有選擇性。

【0063】 在一些實施例中，光阻的重工處理係涉及具有下列氣體之一或更多者的蒸氣及/或電漿：HBr、HCl、HI、BCl₃、Cl₂、BBr₃、H₂、PCl₃、CH₄、甲醇、氨、甲酸、NF₃、HF。在一些實施例中，光阻的重工處理可與本文所述之乾式顯影處理使用相同的化學品。舉例來說，光阻的重工可使用鹵化氫的顯影化學品。

【0064】 可將處理條件最佳化以用於光阻的重工。在一些實施例中，較高溫度、較高壓力、及/或較高反應物流量可造成蝕刻速率增加。取決於光阻膜、及組成、與性質，對於光阻之重工的合適處理條件可為：100-500 sccm 的反應物流量（例如，500 sccm 的 HCl、HBr、HI、BCl₃ 或 H₂ 及 Cl₂ 或 Br₂）、20 至 140°C 的溫度（例如，80°C）、20-1000 毫托的壓力（例如，300 毫托）、高頻（例如，13.56 MHz）下 300 至 800 W 的電漿功率（例如，500 W）、0 至 200V_b 的晶圓偏壓（在較硬下伏基板材料的情況下可使用較高偏壓）、以及足夠將 EUV 光阻完全移除的約 20 秒至 3 分鐘的時間。應當理解，儘管這些條件係適合用於一些處理反應器，例如可從 Lam Research Corporation, Fremont, CA 取得的 Kiyō 蝕刻工具，但可根據處理反應器的性能而使用各種處理條件。

【0065】 在處理 100 的方塊 106 處，在進行可 EUV 圖案化膜的沉積之後、以及 EUV 曝光之前係執行任選的施加後烘烤（PAB）。該 PAB 處

理可涉及熱處理、化學暴露、與溼氣的組合，以提高可 EUV 圖案化膜的 EUV 敏感度，而減少用以將可 EUV 圖案化膜中的圖案進行顯影的 EUV 劑量。可將 PAB 處理的溫度加以調節和最佳化，以用於提高可 EUV 圖案化膜的敏感度。舉例來說，處理溫度可介於約 90°C 與約 200°C 之間、或介於約 150°C 與約 190°C 之間。在一些實施例中，PAB 處理可在介於大氣壓與真空之間的壓力、且約為 1 至 15 分鐘（例如約為 2 分鐘）的處理持續時間下進行。在一些實施例中，PAB 處理可在介於約 100°C 與 200°C 之間的溫度下執行約 1 分鐘至 2 分鐘。

【0066】在處理 100 的方塊 108 處，將含金屬的 EUV 光阻膜暴露至 EUV 輻射以產生一圖案。一般而言，所述 EUV 曝光使含金屬 EUV 光阻膜之中的化學組成及交聯產生變化，而形成可在後續顯影中利用的蝕刻選擇性之對比。

【0067】接著，通常係在相對高真空下，可藉由將含金屬 EUV 光阻膜的一區域暴露至 EUV 光以將該膜圖案化。在本文中實用的 EUV 裝置及成像方法包括本領域中習知的方法。尤其，如上所述，相對於未曝光的區域，經由 EUV 圖案化係創造出改變物理或化學性質的膜之經曝光區域。舉例來說，在經曝光區域中，可例如經由 β -氫消除而發生金屬-碳鍵的裂解（cleavage），留下具反應性且可使用的金屬氫化物官能度（functionality），該金屬氫化物官能度在後續的曝光後烘烤（post-exposure bake, PEB）步驟期間可經由金屬-氧橋而轉化成氫氧化物、以及經交聯的金屬氧化物基團。此處理可用以創造作為負調性光阻（negative tone resist）顯影所用的化學對比。一般來說，烷基中較大量的 β -氫會形成較敏感的膜。這還可解釋成具有較多分枝的較弱 Sn-C 鍵結。在曝光後，可將含金屬的 EUV 光阻膜進行烘烤，以形成金屬氧化物膜的附加交聯。在後續的處理中可運用經

曝光與未曝光區域之間的性質差異，用以溶解未曝光區域、或用以在經曝光區域上沉積材料。舉例來說，可使用乾式方法對圖案顯影，以形成含金屬氧化物的遮罩。

【0068】 尤其，在各種實施例中，特別是當該曝光係在真空下使用 EUV 而執行時，在成像層之經曝光區域中，存在於表面上的末端烴基（hydrocarbyl-terminated）錫氧化物會轉化成末端氫（hydrogen-terminated）錫氧化物。然而，將經曝光的成像層從真空移動進入空氣、或是受控制引入氧、臭氧、 H_2O_2 、或水可導致表面的 Sn-H 氧化成 Sn-OH。經曝光與未曝光區域之間的性質差異可運用在後續的處理，例如藉由將一或更多反應物與經照射區域、未照射區域、或兩者進行反應，以選擇性地將材料添加至該成像層、或是從該成像層移除材料。

【0069】 不受限於本技術的機制、功能、或應用，例如劑量從 10 mJ/cm^2 至 100 mJ/cm^2 的 EUV 曝光會導致 Sn-C 鍵之裂解，造成烷基取代基的減少、緩解立體障礙、以及允許低密度膜崩解。除此之外，在 β -氫消除反應中所產生的反應性金屬-H 鍵可與鄰近的活性基團（例如，膜中的羥基）反應，造成進一步的交聯與緻密化，並在經曝光與未曝光區域之間創造化學對比。

【0070】 在將含金屬的 EUV 光阻膜暴露至 EUV 光之後，係提供經光圖案化的含金屬 EUV 光阻。該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻包括經 EUV 曝光、及未曝光區域。

【0071】 在處理 100 的方塊 110 處，係執行任選的曝光後烘烤(PEB) 以進一步提高該經光圖案化含金屬 EUV 光阻之蝕刻選擇性中的對比。可在各種化學物種的存在下對該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻進行熱處理，以促進該經 EUV 曝光區域的交聯；或是在環境空氣中於加熱板上進行簡易烘

烤，例如在 150°C 與 250°C 之間進行介於 1 至 5 分鐘（例如，以 190°C 進行 2 分鐘）。

【0072】在各種實施例中，烘烤策略涉及謹慎地控制烘烤環境、反應性氣體的引入、及/或謹慎地控制烘烤溫度的升降速率。實用反應性氣體的示例例如包括空氣、 H_2O 、 H_2O_2 蒸氣、 CO_2 、 CO 、 O_2 、 O_3 、 CH_4 、 CH_3OH 、 N_2 、 H_2 、 NH_3 、 N_2O 、 NO 、醇、乙醯丙酮、甲酸、 Ar 、 He 、或其混合。PEB 處理係經設計以（1）驅使將在 EUV 曝光期間所產生的有機片段完全蒸發、以及（2）將 EUV 曝光所產生的任何 Sn-H、Sn-Sn、或 Sn 自由基物種氧化成金屬氫氧化物、以及（3）促進鄰近 Sn-OH 基團之間的交聯以形成較緊密交聯的類 SnO_2 網狀結構。烘烤溫度係謹慎地選擇以達到最佳的 EUV 微影性能。過低的 PEB 溫度將導致不充分的交聯、並因此在給定的劑量下具有較少的顯影用化學對比。過高的 PEB 溫度亦將具有不利的影響，包括在未曝光區域（在此示例中，為了形成遮罩，該區域係透過圖案化膜的顯影而被移除）中的劇烈氧化與膜收縮、以及在該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻與下方層之間的介面處的非期望交互擴散（interdiffusion），這兩者均會導致化學對比的減損、以及由於不可溶的殘渣而導致缺陷密度的增加。PEB 處理溫度可介於約 100°C 與約 300°C 之間、介於約 170°C 與約 290°C 之間、或約 200°C 與約 240°C 之間。在一些實施例中，PEB 處理可在介於大氣壓與真空之間的壓力、以及約 1 至 15 分鐘（例如，約 2 分鐘）的處理持續時間下進行。在一些實施例中，可重複 PEB 熱處理以進一步增加蝕刻選擇性。

【0073】在處理 100 的方塊 112，將該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻進行顯影，以形成光阻遮罩。在各種實施例中，係移除經曝光區域（正調性）、或是移除未曝光區域（負調性）。在一些實施例中，顯影可包括

在該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻之經曝光、或未曝光區域上進行選擇性沉積，並接著進行蝕刻操作。在各種實施例中，這些處理可為乾式處理、或濕式處理。在一些實施例中，可在不點燃電漿的情況下完成顯影。或者，可在遠端電漿來源中活化、或是藉由暴露至遠端 UV 輻射來活化氫與鹵化物（例如， H_2 及 Cl_2 及/或 Br_2 ）流的情況下完成顯影。顯影用的光阻可包括一元素，該元素係選自於由：錫、鉛、碲、鉍、銻、銻、碘、和鍺所構成的群組。該元素可具有高圖案化輻射吸收橫剖面。在一些實施例中，該元素可具有高 EUV 吸收橫剖面。在一些實施例中，含金屬 EUV 光阻可具有大於 30% 的整體吸收率。在全乾式微影處理中，這提供更有效率的 EUV 光子運用，而能夠對較厚、及較 EUV-不透光的光阻進行顯影。

【0074】 顯影處理的示例係涉及使含有機錫氧化物的 EUV 敏感性光阻薄膜（例如，10-30 nm 厚，像是 20 nm）歷經 EUV 曝光劑量及曝光後烘烤、並接著進行顯影。所述光阻膜可例如係基於有機錫前驅物（例如，異丙基（參）（二甲基胺基）錫）以及水蒸氣的氣相反應而沉積、或是可為在有機基質中包括錫團簇（tin cluster）的旋塗膜。

【0075】 透過暴露至顯影化學品，可將該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻進行顯影，其中所述顯影化學品係含鹵化物化學品。在一些實施例中，所述顯影化學品包括氫及鹵化物，例如鹵化氫（例如， HBr 或 HCl ）、或氫及鹵素氣體（例如， H_2 及 Cl_2 ）。在一些實施例中，所述顯影化學品包括鹵化氫、氫及鹵素氣體、三氯化硼、或其組合。可透過使用含鹵化物化學品的濕式顯影、或是使用含鹵化氫化學品的乾式顯影來完成該 EUV 光阻的顯影。在使用濕式顯影以將該 EUV 光阻進行顯影的實施例中，可將該濕式顯影結合其他濕式處理操作，像是該含金屬 EUV 光阻膜的濕式沉積（例如，旋塗沉積）。或者，該濕式顯影可結合其他乾式處理操作，例如該含

金屬 EUV 光阻膜的氣相沉積（例如，CVD）。在使用乾式顯影以將該 EUV 光阻進行顯影的實施例中，可將該乾式顯影結合其他乾式處理操作，例如該含金屬 EUV 光阻膜的乾式沉積（例如，CVD）。在使用乾式顯影以將該 EUV 光阻進行顯影的替代實施例中，可將該乾式顯影結合其他濕式處理操作，例如該含金屬 EUV 光阻膜的濕式沉積（例如，旋塗沉積）。

【0076】 在一些實施例中，該半導體基版的處理可結合所有乾式步驟，所述乾式步驟包括透過氣相沉積的膜形成、EUV 微影圖案化、以及乾式顯影。實際上，在處理 100 中的各操作 102-112 可為乾式處理操作。這種處理操作可避免與濕式處理操作（例如，濕式顯影）相關的材料和生產成本。乾式處理可提供更多的可調整性，並提高臨界尺寸（CD）的進一步控制、以及殘渣的移除。濕式處理通常涉及濕氣、及/或氧，而更容易導致殘渣形成。濕式顯影係受限於溶解度和團簇尺寸，然而乾式顯影並不受溶解度和團簇尺寸所限制。濕式顯影更容易具有圖案崩塌和剝落的問題，而乾式顯影避免這些問題。除此之外，使用全乾式處理操作可有利於整合在相互連結的真空處理腔室內，而不暴露至環境空氣、或其中包含的微量污染物，並且受到環境空氣或其中包含的微量污染物所污染。舉例來說，在期間使經曝光區域進行進一步交聯的 PEB 熱處理可在與顯影相同的腔室中進行；然而將能理解的是，該 PEB 熱處理可在另一腔室中執行。

【0077】 透過在液相、或氣相中輸送顯影化學品可完成顯影處理。在一些實施例中，透過在流動含鹵化氫的乾式顯影化學品（例如，HF、HCl、HBr、或 HI）時使用溫和電漿（高壓力、低功率）、或熱處理可完成乾式顯影處理。舉例來說，乾式顯影可在使用乾式顯影化學品（例如，HCl 或 HBr）的熱處理中完成。在一些實施例中，所述含鹵化氫化學品能夠迅速移

除未曝光材料，留下經曝光膜的圖案，該圖案可透過基於電漿的蝕刻處理（例如，習知的蝕刻處理）而轉移至下伏層中。

【0078】 在熱顯影處理中，係在處理腔室（例如，烘箱）中將基板暴露至顯影化學品（例如，路易士酸）。在一些實施例中，真空管線係耦接至該處理腔室以用於控制壓力，而顯影化學品管線可耦接至該處理腔室以用於將顯影化學品輸送至該處理腔室中。該處理腔室可包括用於控制溫度的一或更多加熱器，例如將加熱器耦接至該處理腔室內的基板支撐件，以用於控制基板溫度。在一些實施例中，可在該腔室內部塗覆抗腐蝕膜，例如有機聚合物或無機塗層。這種塗層的其中一種為聚四氟乙烯（PTFE），例如鐵氟龍 1M。這種材料可使用於本揭露的熱處理中，而不具被電漿暴露所移除的風險。

【0079】 在熱顯影處理中，係在一溫度下將該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻暴露至顯影化學品，其中該溫度係為了經曝光與未曝光區域之間的蝕刻選擇性而加以優化。較低的溫度可能增加蝕刻選擇性中的對比，而較高的溫度可能減低蝕刻選擇性中的對比。在一些實施例中，溫度可介於約-60°C 與約 120°C 之間、介於約-20°C 與約 60°C 之間、或介於約-20°C 與約 20°C 之間，例如約為-10°C。可調整腔室壓力，其中腔室壓力可影響顯影期間經曝光與未曝光區域之間的蝕刻選擇性。在一些實施例中，腔室壓力可為相對低且不伴隨著稀釋，其中該腔室壓力可介於約 0.1 mTorr 與約 300 mTorr 之間、介於約 0.2 mTorr 與約 100 mTorr 之間、或介於約 0.5 mTorr 與約 50 mTorr 之間。在一些實施例中，該腔室壓力可介於約 20 mTorr 與約 800 mTorr 之間、或介於約 20 mTorr 與約 500 mTorr 之間，例如約為 300 mTorr。在一些實施例中，腔室壓力可為相對高、具有高流量且伴隨著稀釋，其中該腔室壓力可介於約 100 mTorr 與約 760 mTorr 之間、

或介於約 200 mTorr 與約 760 mTorr 之間。可調整反應物流量，其中反應物流量可影響顯影期間經曝光與未曝光區域之間的蝕刻選擇性。在一些實施例中，反應物流量可介於約 50 sccm 與約 2000 sccm 之間、介於約 100 sccm 與約 2000 sccm 之間、或介於約 100 sccm 與約 1000 sccm 之間，例如約為 500 sccm。在伴隨高流量的情況下，反應物流量可介於約 1 L 與約 10 L 之間。可調整熱顯影處理中的暴露持續時間。暴露的持續時間可取決於需要移除多少光阻、顯影化學品、光阻中的交聯量、以及光阻的組成和性質等其他因素。在一些實施例中，暴露的持續時間可介於約 5 秒與約 5 分鐘之間、介於約 10 秒與約 3 分鐘之間、或介於約 10 秒與約 1 分鐘之間。

【0080】 熱顯影處理可將該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻暴露至氣相或液相中的某些含鹵化物化學品。在一些實施例中，所述顯影化學品包括鹵化氫、氫與鹵素氣體、三氯化硼、有機鹵化物、醯基鹵化物、羰基鹵化物、亞硫醯基鹵化物、或其混合。鹵化氫可包括但不限於 HF、HCl、HBr、及 HI。舉例來說，鹵化氫可為 HCl、或 HBr。氫與鹵素氣體可包括但不限於氫氣 (H₂) 混合 F₂、Cl₂、Br₂、或 I₂。三氯化硼 (BCl₃) 可與前述的鹵化氫、或氫與鹵素氣體的任何者結合使用。有機鹵化物可包括但不限於 C_xH_yF_z、C_xH_yCl_z、C_xH_yBr_z、及 C_xH_yI_z，其中 x、y、和 z 為等於或大於 0 的數值。醯基鹵化物可包括但不限於 CH₃COF、CH₃COCl、CH₃COBr、及 CH₃COI。羰基鹵化物可包括但不限於 COF₂、COCl₂、COBr₂、及 COI₂。亞硫醯基鹵化物可包括但不限於 SOF₂、SOCl₂、SoBr₂、及 SOI₂。在一些實施例中，含鹵化物化學品可在具有、或不具有惰性/載體氣體的情況下流動，惰性/載體氣體例如為 He、Ne、Ar、Xe、及 N₂。

【0081】 熱顯影處理可在不具電漿的情況下完成。透過應用非電漿的熱方法可顯著改善生產力，原因在於可在低成本的熱真空腔室/烘箱中同時

對複數晶圓進行批次式 (batch) 顯影。然而，在一些實施例中，熱顯影處理可接著進行暴露至電漿。後續暴露至電漿可進行以用於脫附、去殘渣、平滑化、或其他處理操作。

【0082】 在電漿顯影處理中，係將該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻暴露至顯影化學品，該顯影化學品包括一或更多氣體的自由基/離子。處理半導體基板所用的處理腔室可為電漿產生腔室、或是耦接至遠離該處理腔室的電漿產生腔室。在一些實施例中，乾式顯影可藉由遠端電漿進行。該電漿產生腔室可為使用本領域中所習知之配備與技術的感應耦合式電漿 (ICP) 反應器、變壓耦合式電漿 (TCP) 反應器、或電容耦合式電漿 (CCP) 反應器。電磁場係作用在該一或更多氣體上以在該電漿產生腔室中製造電漿。來自該遠端電漿的離子及/或自由基可與該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻交互作用。在一些實施例中，真空管線係耦接至該處理腔室以用於控制壓力，而顯影化學品管線可耦接至該電漿產生腔室以用於將該一或更多氣體輸送至該電漿產生腔室中。該處理腔室可包括用於控制溫度的一或更多加熱器，例如將加熱器耦接至該處理腔室內的基板支撐件以用於控制基板溫度。在一些實施例中，可在該處理腔室內部塗覆抗腐蝕膜，例如有機聚合物或無機塗層。這種塗層的其中一種為聚四氟乙烯 (PTFE)，例如鐵氟龍 1M。這種材料可使用於本揭露的熱處理中，而不具被電漿暴露所移除的風險。

【0083】 在電漿顯影處理中，在複數條件下將該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻暴露至遠端電漿，其中所述條件係為了經曝光與未曝光區域之間的蝕刻選擇性而最佳化。所述條件可經優化以用於產生溫和電漿，其中溫和電漿的特徵在於高壓與低功率。可調整腔室壓力，其中腔室壓力可影響顯影期間經曝光與未曝光區域之間的蝕刻選擇性。在一些實施例中，腔室

壓力可等於或大於約 5 mTorr、或是等於或大於約 15 mTorr。在一些實施例中，腔室壓力可為相對高、具有高流量且伴隨著稀釋，其中該腔室壓力可介於約 100 mTorr 與約 760 mTorr 之間、或介於約 200 mTorr 與約 760 mTorr 之間。可調整 RF 功率層級，其中 RF 功率可影響蝕刻選擇性、粗糙度、去殘渣、和其他顯影特性。在一些實施例中，RF 功率可等於或少於約 1000 W、等於或少於約 800 W、或是等於或少於約 500 W。可調整溫度，其中溫度可影響顯影的各種層面，例如蝕刻選擇性。在一些實施例中，溫度可介於約 -60°C 與約 300°C 之間、介於約 0°C 與約 300°C 之間、或介於約 30°C 與約 120°C 之間。可調整氣體流量，其中氣體流量可影響顯影期間經曝光與未曝光區域之間的蝕刻選擇性。在一些實施例中，氣體流量係介於約 50 sccm 與約 2000 sccm 之間、介於約 100 sccm 與約 2000 sccm 之間、或介於約 200 sccm 與約 1000 sccm 之間，例如約為 500 sccm。可調整電漿顯影處理中的暴露持續時間。暴露的持續時間可取決於需要移除多少光阻、顯影化學品、光阻中的交聯量、以及光阻的組成和性質等其他因素。在一些實施例中，暴露的持續時間可介於約 1 秒與約 50 分鐘之間、介於約 3 秒與約 20 分鐘之間、或介於約 10 秒與約 6 分鐘之間。

【0084】 電漿顯影處理可將該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻暴露至某些含鹵化物氣體的自由基。在一些實施例中，自由基係從遠端電漿來源產生。舉例來說，電漿顯影可將該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻暴露至從該遠端電漿來源所產生的氫與鹵化物氣體之自由基。在一些實施例中，含鹵化物氣體係包括鹵化氫、氫與鹵素氣體、三氯化硼、有機鹵化物、醯基鹵化物、羰基鹵化物、亞硫醯基鹵化物、或其混合。鹵化氫可包括但不限於氟化氫 (HF)、氯化氫 (HCl)、溴化氫 (HBr)、及碘化氫 (HI)。舉例來說，鹵化氫可為 HCl、或 HBr。氫與鹵素氣體可包括但不限於氫氣 (H₂)

混合氟氣 (F₂)、氯氣 (Cl₂)、溴氣 (Br₂)、或碘氣 (I₂)。有機鹵化物可包括但不限於 C_xH_yF_z、C_xH_yCl_z、C_xH_yBr_z、及 C_xH_yI_z，其中 x、y、和 z 為等於或大於 0 的數值。醯基鹵化物可包括但不限於 CH₃COF、CH₃COCl、CH₃COBr、及 CH₃COI。羰基鹵化物可包括但不限於 COF₂、COCl₂、COBr₂、及 COI₂。亞硫醯基鹵化物可包括但不限於 SOF₂、SOCl₂、SOBr₂、及 SOI₂。在一些實施例中，含鹵化物氣體可在具有、或不具有惰性/載體氣體的情況下流動，所述惰性/載體氣體例如為 He、Ne、Ar、Xe、及 N₂。

【0085】 作為電漿活化的附加或替代，可透過光活化在乾式顯影處理中進行一或更多氣體的活化。在一些實施例中，可藉由暴露至紫外 (UV) 輻射以達成光活化。舉例來說，處理腔室可包括配置以產生 UV 輻射的燈件，例如 UV 燈。將一或更多氣體暴露至 UV 輻射可產生該一或更多氣體的自由基，所述自由基可使用於該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻的乾式顯影中。可以不將經光圖案化的光阻暴露至 UV 輻射的方式將一或更多氣體暴露至 UV 輻射。換言之，該經光圖案化的光阻是在 UV 燈的範圍之外。因此，可將該 UV 燈遠離該處理腔室、或是以避免將該經光圖案化的光阻暴露至 UV 輻射的方式進行設置。

【0086】 將能理解的是，可將前述的熱顯影、電漿顯影、及光活化顯影方法彼此結合。這些顯影方法可同時、或依序地應用。所述顯影方法可在乾式顯影化學品以液相或氣相進行流動時應用，其中該乾式顯影化學品可包括化學式 R_xZ_y 的化合物，其中 R = B、Al、Si、C、S、SO，伴隨著 x > 0，且 Z = Cl、H、Br、F、CH₄ 且 y > 0。該顯影可造成正調性、或是負調性的結果，其中該 R_xZ_y 物種係將未曝光或經曝光材料選擇性移除，留下經曝光或未曝光的相對部分以作為遮罩。

【0087】 如上所述，藉由控制處理條件，所述處理條件例如是溫度、壓力、氣體流動、氣體組成、及電漿功率等的可調整處理條件，乾式顯影期間的蝕刻選擇性係可調整的。以單一步驟、或複數步驟來調整蝕刻選擇性可達成期望的圖案化特性。在一些實施例中，乾式顯影期間的蝕刻選擇性係橫跨一或更多步驟加以調整，以影響 EUV 光阻輪廓。更具體而言，藉由在一或更多步驟期間應用不同蝕刻選擇性的顯影化學品，可控制該 EUV 光阻輪廓中的漸縮量 (amount of taper)、或是凹進角 (re-entrant angle)。去殘渣、光阻的重工 (photoresist reworking)、固化、平滑化、及清洗操作亦可根據可調整的蝕刻選擇性而加以調整。

【0088】 圖 2A-2C 係根據一些實施例而顯示乾式顯影的各種處理階段之橫剖面示意圖。圖 2A-2C 所顯示的示例係繪示負調性乾式顯影。如圖 2A 中所顯示，晶圓 200 包括基板 202、以及待蝕刻的基板層 204。在一些實施例中，基板層 204 包括可灰化的硬遮罩 (例如，旋塗式碳 SoC) 或其他材料，例如矽、矽氧化物、矽氮化物、矽碳化物等。在一些實施例中，基板層 204 可為設置在基板 202 上的層堆疊。晶圓 200 更包括經光圖案化含金屬 EUV 光阻膜 206。舉例來說，經光圖案化含金屬 EUV 光阻膜 206 可為設置在待蝕刻基板層 204 上方的含有機金屬層。經光圖案化含金屬 EUV 光阻膜 206 可具有介於約 5 nm 與約 50 nm 之間、或介於約 10 nm 與約 30 nm 之間的厚度。在 EUV 掃描器中進行光圖案化後、及/或在如上所述的 PEB 處理之後，可在處理腔室中提供經光圖案化含金屬 EUV 光阻膜 206。該經光圖案化含金屬 EUV 光阻膜 206 包括非 EUV 曝光區域 206a 以及經 EUV 曝光區域 206b。如圖 2B 中所顯示，透過在不點燃電漿而暴露至乾式顯影化學品的流的情況下，可在乾式顯影處理中移除該經光圖案化含金屬 EUV 光阻膜 206 的非 EUV 曝光區域 206a。乾式顯影化學品可包括含

鹵化物化學品，例如鹵化氫、或氫與鹵素的氣體。在透過移除非 EUV 曝光區域 206a 的顯影過後，係形成光阻遮罩 208。隨後，可使用該光阻遮罩 208 將待蝕刻的基板層 204 進行蝕刻，以提供圖 2C 中所繪示的結構。

【0089】圖 3 係根據一些實施例所繪示的示例性乾式顯影機制，以用於 HBr 對於 EUV 光阻的經曝光與未曝光部分的化學反應。圖 3 繪示可能的乾式顯影機制，然而將能理解的是，本揭露並不受限於任何特定機制、功能、理論、或用途。有機金屬氧化物膜可具有四面體配位結構。經曝光區域具有較高的 Sn-O-Sn 交聯程度，導致較高的密度、以及對於 HBr 或 HCl 的較低/較慢反應性。由於大型烷基取代基的存在而阻礙接近路徑以及 Sn-OH 基團的縮合，因此未曝光區域展現較低的密度。在未曝光區域中，鹵化氫係較易於將具有較四面體配位的有機錫氧化物氫氧化物特徵的較「鹼性」且可及的氧孤對電子予以質子化。RSnX₃（其中 X=Cl 或 Br）的揮發性副產物可迅速產生並從該未曝光區域移除。在圖 3 中，HBr 將氧孤對電子選擇性地質子化，以形成 R-Sn-Br 的揮發性副產物。水也是一種副產物。將水移除可提高反應速度。當烷基為異丙基時，在典型的 EUV 圖案化劑量下會將每 3 個異丙基中的至少 2 個移除，使得 PEB 步驟過後經曝光區域縮合形成較高密度的較 SnO₂ 狀材料，而展現了與鹵化氫的較低反應性，原因在於採用了較為六方配位（hexacoordinate）的錫結構，在該結構中氧原子的可及性較低而造成與鹵化氫更加緩慢的反應性。在圖 3 中，經曝光區域歷經乾蝕刻速率的大幅下降係有關於異丙基的減少，以允許縮合成具有較多/大部分氧原子與 3 個（而並非 2 個）錫原子鍵結的材料，而顯著地降低與 HBr 或 HCl 的反應速率。

【0090】在一些情況下，在顯影過後可能存在殘留物或殘渣。殘留物可能係由於較不均質的 EUV 光阻配方(包括透過旋轉塗佈技術所施加的那

些)中較慢的蝕刻成分所導致。這種殘渣可能包含高金屬濃度，而可能在後續圖案轉移期間係具有問題性的。

【0091】附加地或替代性地，顯影過後，粗糙度可能形成在經顯影圖案中的受蝕刻特徵部之側壁上。其中一些可歸因於光的隨機性(stochastics)、或非最佳高斯分佈(non-optimal Gaussian distribution)，而在應當將光阻保持未曝光的區域中形成部分、或完全曝光的材料，或是反之亦然。

【0092】在一些實施例中，乾式顯影可藉由去殘渣/平滑化操作而加以完成。在一些實施例中，去殘渣及平滑化操作可為一惰性氣體電漿脫附操作。舉例來說，該惰性氣體電漿脫附操作可為氦電漿脫附操作。該惰性氣體電漿脫附操作可在乾式顯影後執行、或是與乾式顯影循環進行。

【0093】圖 4A 係根據一些實施例而顯示在不施加惰性氣體電漿的情況下進行乾式顯影的橫剖面示意圖。經光圖案化的含金屬 EUV 光阻膜包括經曝光與未曝光區域。如圖 4A 中所顯示，金屬氧化物(例如， SnO_x)的微粒或團簇可佔據該未曝光區域。隨著乾式顯影的進行，該金屬氧化物的團簇變得更加集中。該金屬氧化物的團簇通常難以移除。顯影可對於有機材料的移除具有選擇性。在移除該未曝光區域後，該金屬氧化物的團簇可能會存留在基板的表面上而作為殘渣。在該經曝光區域的側壁上所存留的金屬氧化物團簇可能會造成粗糙度。

【0094】圖 4B 係根據一些實施例而顯示在將惰性氣體電漿循環以去殘渣的情況下進行乾式顯影的橫剖面示意圖。第一階段涉及乾式顯影以移除該經光圖案化的含金屬 EUV 光阻膜之未曝光區域的大部分。乾式顯影化學品例如可包括 HBr。所述的大部分可表示至少大於該未曝光區域的 70 體積%、大於該未曝光區域的 80 體積%、或大於該未曝光區域的 90 體積%。

金屬氧化物的團簇會集中在該 EUV 光阻膜的剩餘未曝光區域的表面處。第二階段涉及將具有低功率與高離子能量的惰性氣體電漿（例如，氬電漿）施加短暫的一段持續時間。氬電漿將該金屬氧化物的團簇移除。除此之外，氬電漿將團簇從側壁移除並將側壁平滑化。氬電漿處理還可用以協助將經圖案化的 EUV 光阻膜硬化、或固化，以形成較緊密的類金屬氧化物硬遮罩。在氬電漿處理後，可使用選擇性較低的乾式蝕刻步驟以移除在該 EUV 光阻膜的未曝光區域中所存留的任何殘留物。

【0095】 在一些實施例中，乾式顯影可與氬電漿處理循環進行一或更多循環，直到移除該 EUV 光阻膜的未曝光區域。為了加強效果，可將氬電漿去殘渣/平滑化與乾式顯影進行循環（如上所述）。在此方式中，例如圖案的未曝光區域之大部分有機成分係由乾式顯影所移除，接著短暫的氬電漿操作可移除表面處的一些集中金屬，以開放觸及剩餘的下伏有機材料，而可接著在後續的乾式顯影操作/循環中將所述下伏有機材料移除。另一氬電漿循環可用以移除任何剩餘的金屬，以留下乾淨且平滑的特徵部表面。循環可續行直到將所有、或實質所有的殘渣與粗糙度殘留物移除，以留下乾淨、且平滑的特徵部表面。

【0096】 在顯影期間或之後可控制去殘渣與平滑化操作所用的處理條件。在一些實施例中，反應物流量可介於約 50 sccm 與約 1000 sccm 之間、或介於約 100 sccm 與約 500 sccm 之間，例如約為 500 sccm 的 He。在一些實施例中，溫度可介於約 -60°C 與約 120°C 之間、介於約 -20°C 與約 60°C 之間、或介於約 20°C 與約 40°C 之間，例如約為 20°C。在一些實施例中，腔室壓力可介於約 1 mTorr 與約 300 mTorr 之間、介於約 5 mTorr 與約 100 mTorr 之間、介於約 5 mTorr 與約 20 mTorr 之間，例如約為 10 mTorr。電漿功率可為相對低且伴隨高離子能量。在一些實施例中，電漿功

率可介於約 50 W 與約 1000 W 之間、介於約 100 W 與約 500 W 之間、或介於約 100 W 與約 300 W 之間，例如約為 300 W。在一些實施例中，晶圓偏壓係介於約 10 V 與約 500 V 之間、介於約 50 V 與約 300 V 之間，例如約為 200 V。可使用高 RF 頻率來產生電漿。在一些實施例中，RF 頻率為 13.56 MHz。暴露至惰性氣體電漿的持續時間可為相對短的，以避免在電漿暴露期間過度暴露至 UV 輻射。在一些實施例中，暴露的持續時間係介於約 0.5 秒與約 5 秒之間、介於約 1 秒與約 3 秒之間，例如約為 2 秒。

【0097】 用於將未曝光光阻殘留物進行去殘渣、與清潔的惰性氣體電漿處理可具有將經曝光光阻固化而使其硬化的附帶益處，從而在用以蝕刻下伏基板的後續操作中強化它的硬遮罩功能。這種光阻硬化係藉由將經 EUV 曝光光阻暴露至由惰性氣體電漿所產生的 UV 輻射而達成，在關閉偏壓的情況下，該光阻硬化可在完成去殘渣/平滑化之後繼續進行。若不需要、或不執行去殘渣/平滑化時，可替代性地執行惰性氣體電漿固化。

【0098】 在一些實施例中，惰性氣體電漿脫附去殘渣與平滑化可與濕式顯影處理共同使用。濕式顯影具有非常高的選擇性，並且已顯示以展現明顯的開/關行為，造成濕式顯影處理無法移除由「雜散的」EUV 光子所曝光的區域。接著，在濕式顯影處理後會留下剩餘的殘留物，造成殘渣、以及高的線邊緣與寬度粗糙度。有趣的是，由於乾式顯影處理的可調整性，其中可基於複數調整項（例如，時間、溫度、壓力、氣體/流量）來調整蝕刻速率與選擇性，可進一步施加惰性氣體電漿及/或乾式顯影以藉由將這些經部分曝光的殘留物移除，而將含金屬光阻線路去殘渣及平滑化。

【0099】 圖 5 顯示一圖表，該圖表係比較在乾式顯影期間使用氦電漿的 EUV 光阻的經曝光與未曝光部分之間的蝕刻速率。EUV 光阻可為有機錫氧化物 EUV 光阻。未曝光部分係以比經曝光部分更快的速率進行蝕刻。

然而，隨著利用 HBr 的乾式顯影進行，蝕刻速率減緩。不受限於任何理論，據信錫氧化物微粒/團簇的存在會使蝕刻速率減慢。藉由施加氬脫附，可蝕刻較多的 EUV 光阻未曝光部分。

【0100】 圖 6A 與 6B 顯示將濕式顯影與乾式顯影關於線路崩塌加以比較的 SEM 影像。在圖 6A 中，將經光圖案化的含金屬 EUV 光阻暴露至濕式顯影化學品，例如有機溶劑。在液體乾燥步驟後，觀察到些許圖案線路崩塌。這可能部分歸因於來自毛細作用力的表面張力效應。在圖 6B 中，將經光圖案化的含金屬 EUV 光阻暴露至乾式顯影化學品，例如鹵化氫氣體。透過不具液體乾燥步驟的氣相反應，乾式顯影防止了圖案線路崩塌或剝落。

【0101】 圖 7A 與 7B 顯示將濕式顯影與乾式顯影關於控制粗糙度及臨界尺寸 (CD) 加以比較的 SEM 影像。在圖 7A 與 7B 中，在可灰化硬遮罩上沉積有機錫氧化物膜。該有機錫氧化物膜係在不同劑量和不同聚焦深度下進行 EUV 曝光。在圖 7A 中，該有機錫氧化物膜係進行濕式顯影，而在圖 7B 中係進行乾式顯影。在濕式顯影後，有機錫氧化物光阻遮罩具有方形輪廓，而在乾式顯影後，有機錫氧化物光阻遮罩具有錐形輪廓。在濕式顯影中，在進行圖案轉移後係觀察到線橋接 (bridging)，而在乾式顯影中進行圖案轉移後並未觀察到線橋接。由於在濕式顯影後進行溶劑乾燥期間的表面張力，在較小線寬、或較低劑量處會觀察到發生線崩塌與擺動 (wiggling)。在乾式顯影後，在較小線寬、或較低劑量處並未發生線崩塌或擺動。利用乾式顯影，較大的製程裕度係可用於較廣的劑量與聚焦範圍。

【0102】 圖 8 顯示將濕式顯影與乾式顯影關於在硬遮罩開口後的殘渣加以比較的 SEM 影像。如圖 8 所顯示，比起乾式顯影後，在濕式顯影後係觀察到較多的殘渣。不受限於任何理論，乾式顯影使用不包含氧、或濕

氣氧化來源的氣體化學品，防止了未曝光 EUV 光阻的金屬氧化物交聯，從而防止殘渣形成。殘渣係類似於具有金屬氧化物交聯的經曝光 EUV 光阻。在圖 8 中，在濕式顯影或乾式顯影後可執行去殘渣與平滑化操作。

【0103】圖 9A 與 9B 顯示複數圖表，該等圖表係繪示在不同壓力及溫度的情況下，第二曝光後烘烤操作對於乾式顯影的選擇性所造成的影響。如圖 9A 所顯示，第二曝光後烘烤操作展現改善的蝕刻選擇性。如圖 9B 所顯示，在乾式顯影期間，蝕刻選擇性係在較低溫度下改善。除此之外，在乾式顯影期間，蝕刻選擇性係在較低壓力下改善。

【0104】圖 10 顯示複數 SEM 影像，該等 SEM 影像繪示壓力對於 EUV 光阻輪廓的影響。對於乾式顯影，壓力變化會影響 EUV 光阻輪廓。一般來說，較高壓力能夠實現較高的蝕刻速率。然而，較低的壓力展現改善的 EUV 光阻輪廓。圖 10 中的較低壓力形成較直的 EUV 光阻輪廓。

【0105】圖 11A 與 11B 顯示在不同線路/間隔的節距 (pitch)、與不同厚度下的 EUV 光阻之 SEM 影像。將 EUV 光阻遮罩進行顯影以具有 32 nm 節距與 26 nm 節距。顯影前的膜厚度係介於 15 nm 與 40 nm 之間。對於 32 nm 節距，在顯影後，EUV 光阻遮罩的厚度係介於 7.8 nm 與 22.5 nm 的範圍內。並未觀察到擺動。對於 26 nm 節距，在顯影後，EUV 光阻遮罩的厚度係介於 7.9 nm 與 22.2 nm 的範圍內。由於光阻底部處的底切 (undercut)，對於等於或大於 30 nm 的膜厚度係觀察到些許擺動。

設備

【0106】本揭露的設備係配置以顯影 EUV 光阻。該設備可配置以執行其他處理操作，例如沉積、晶邊及背側清洗、施加後烘烤、EUV 掃描、曝光後烘烤、光阻重工、去殘渣、平滑化、固化、及其他操作。在一些實

施例中，該設備係配置以執行所有乾式操作。在一些實施例中，該設備係配置以執行所有濕式操作。在一些實施例中，該設備係配置以執行濕式與乾式操作的組合。該設備可包括單一晶圓腔室、或是位於相同處理腔室內的複數站。利用位於相同處理腔室內的複數站，可在位於相同處理腔室內的不同站中執行例如本揭露中所描述的那些各種處理操作。舉例來說，可在一站中執行 PEB 熱處理，並在另一站中進行顯影。

【0107】 配置用於將 EUV 光阻顯影的設備包括具有基板支撐件的處理腔室。該設備可包括耦接至該處理腔室以用於控制壓力的真空管線、以及耦接至該處理腔室以用於輸送顯影化學品的顯影化學品管線。在一些實施例中，該顯影化學品包括含鹵化物氣體、或是含鹵化物氣體的自由基。在一些實施例中，該處理腔室係電漿產生腔室、或是耦接至作為遠端電漿來源的電漿產生腔室。該電漿產生腔室可為 ICP、TCP、或 CCP 反應器。該設備可包括用於控制溫度的一或更多加熱器。可將這種加熱器設置在該處理腔室內、及/或該基板支撐件內。

【0108】 在一些實施例中，該處理腔室內部係塗覆抗腐蝕膜，例如聚合物或無機塗層。在一示例中，該處理腔室內部係塗覆陽極化氧化鋁。在另一示例中，該處理腔室內部係塗覆釷氧化物 (Y_2O_3)。

【0109】 在一些實施例中，該處理腔室係以例如塑膠的廉價材料所製成。該處理腔室不必以金屬或陶瓷所製成。塑膠材料可足以及在顯影期間承受含鹵化物化學品。可將真空管線及/或顯影化學品管線耦接至塑膠腔室。

【0110】 在一些實施例中，使用具有徑向和方位角構件的溫度分布件，可將基板支撐件用以處理基板。該基板支撐件可包括複數可獨立控制的溫度控制區域，該等溫度控制區域係被佈置在該等溫度控制區域上方的基板位置附近。這允許位於基板支撐件內的一或更多加熱器能較精確、且

局部地控制溫度。可將該等溫度控制區域佈置成限定圖案，例如矩形網格、六角形網格、或其他合適圖案以用於產生所需的溫度分佈。在一些實施例中，可將該等溫度控制區域空間佈置在靜電卡盤中，以矯正方位角的不均勻性、或局部的 CD 不均勻性。

【0111】 在一些實施例中，該設備可更包括噴淋頭，用於將一或更多氣體輸送至該處理腔室中。在一些實施例中，該噴淋頭可將多種不同的氣體供應至反應區域，同時在該噴淋頭內將該等氣體大程度地保持隔離。該噴淋頭可包括複數氣室容積。這准許將前驅物氣體、載體氣體、顯影氣體、及清洗氣體等其他化學品隔離。

【0112】 從該處理腔室移除水或濕氣可加速經光圖案化的含金屬 EUV 光阻與顯影化學品的反應。在一些實施例中，可將冷凝阱 (cold trap) 耦接至該處理腔室以用於移除水蒸氣副產物。冷凝阱可將水蒸氣副產物凝結成液體或固體形式。

【0113】 在一些實施例中，該設備可更包括 UV 源 (例如，UV 燈)、及/或 IR 源 (例如，IR 燈) 以用於光阻固化及脫鹵。UV 源及/或 IR 源可提供暴露至輻射以將 EUV 光阻固化。附加地或替代性地，UV 源可協助顯影化學品的光活化。附加地或替代性地，UV 源可協助移除鹵素。鹵素殘留物可能形成在半導體基板、或是腔室表面上，而可藉由 UV 暴露加以移除。

【0114】 圖 12 繪示處理站 1200 之實施例的示意圖，該處理站 1200 具有用於維持低壓環境的處理腔室本體 1202，該低壓環境係適合用於所述乾式顯影、清洗、重工、去殘渣與平滑化的實施例。可將複數處理站 1200 包括在公共低壓處理工具環境中。舉例來說，圖 13 繪示多站處理工具 1300 的實施例，例如可從 Lam Research Corporation, Fremont, CA 取得的 VECTOR® 處理工具。在一些實施例中，可透過一或更多電腦控制器對該

處理站 1200 的一或更多硬體參數（包括詳述於下的那些）以編程方式進行調整。

【0115】可將處理站配置作為群集式工具中的模組。圖 15 繪示半導體處理的群集式工具架構，具有適合用於實行本文所揭露之實施例的真空整合沉積及圖案化模組。這種群集式處理工具架構可包括光阻沉積、光阻曝光（EUV 掃描器）、光阻顯影、及蝕刻模組，如上所述及參照圖 14 及 15 而進一步描述於下。

【0116】在一些實施例中，在相同模組中可連續地執行某些處理功能，例如乾式顯影及蝕刻。本揭露的實施例係關於方法與設備，所述方法與設備係用於在 EUV 掃描器中進行光圖案化之後將晶圓接收至乾式顯影/蝕刻腔室，該晶圓包括設置在待蝕刻的層或層堆疊上的經光圖案化 EUV 光阻薄膜層；對經光圖案化 EUV 光阻薄膜層進行乾式顯影；並接著使用如本文中所述的經圖案化 EUV 光阻作為遮罩以將下伏層進行蝕刻。

【0117】回到圖 12，處理站 1200 與反應物輸送系統 1201 流體連通，以用於將處理氣體輸送至分佈噴淋頭 1206。反應物輸送系統 1201 任選地包括混合槽 1204，該混合槽 1204 係用於將輸送至噴淋頭 1206 的處理氣體加以混合、及/或調和。一或更多混合槽入口閥 1220 可控制將處理氣體導入至混合槽 1204。在使用電漿暴露的情況下，亦將電漿輸送至噴淋頭 1206、或是可在處理站 1200 中產生電漿。如上所述，在至少一些實施例中，係偏好非電漿的熱暴露。

【0118】圖 12 包括任選的汽化點 1203，以用於將待供應至混合槽 1204 的液體反應物汽化。在一些實施例中，可提供位於汽化點 1203 上游的液體流量控制器（LFC），以用於控制汽化及輸送至處理站 1200 的液體之質量流量。舉例來說，該 LFC 可包括位於該 LFC 下游的熱質量流量計

(MFM)。接著，LFC 的栓塞閥可響應於由比例-積分-微分 (PID) 控制器所提供的回饋控制信號而加以調整，其中該 PID 控制器係與該 MFM 電性連通。

【0119】 噴淋頭 1206 將處理氣體進行分佈以朝向基板 1212。在圖 12 中所顯示的實施例中，基板 1212 係位於噴淋頭 1206 下方並顯示置於基座 1208 上。噴淋頭 1206 可具有任何合適的形狀，並可具有任何合適的通口數量及配置，以用於將處理氣體分佈至基板 1212。

【0120】 在一些實施例中，可升起或下降基座 1208 以將基板 1212 暴露至介於基板 1212 與噴淋頭 1206 之間的容積 1207。將能理解的是，在一些實施例中，可藉由合適的電腦控制器以編程方式對基座高度進行調整。在一些實施例中，噴淋頭 1206 可具有複數氣室容積，伴隨著複數溫度控制件。

【0121】 在一些實施例中，可經由加熱器 1210 對基座 1208 進行溫度控制。在一些實施例中，在將經光圖案化光阻以非電漿的熱暴露至鹵化氫乾式顯影化學品（例如，在已揭露實施例中所述的 HBr、或 HCl）期間，可將基座 1208 加熱至大於 0°C 且高達 300°C、或更高的溫度，例如 50 至 120°C，例如約 65 至 80°C。在一些實施例中，基座 1208 的加熱器 1210 可包括複數可獨立控制的溫度控制區域。

【0122】 此外，在一些實施例中，透過蝶形閥 1218 可提供處理站 1200 所用的壓力控制。如圖 12 之實施例中所顯示，蝶形閥 1218 調節由下游真空幫浦（未顯示）所提供的真空。然而，在一些實施例中，處理站 1200 的壓力控制還可藉由改變被導引至處理站 1200 的一或更多氣體之流量而加以調整。

【0123】 在一些實施例中，可將噴淋頭 1206 的位置相對於基座 1208 加以調整，以改變基板 1212 與噴淋頭 1206 之間的容積。此外，將能理解的是，可透過本揭露範圍內的任何合適機制來改變基座 1208、及/或噴淋頭 1206 的垂直位置。在一些實施例中，基座 1208 可包括一旋轉軸，用以轉動基板 1212 的位向。將能理解的是，在一些實施例中，可藉由一或更多合適的電腦控制器以編程方式執行這些示例性調整的一或更多者。

【0124】 在可使用電漿的情況下，例如在基於溫和電漿的乾式顯影實施例、及/或在相同腔室中所進行的蝕刻操作中，噴淋頭 1206 與基座 1208 係與射頻 (RF) 功率供應器 1214、及匹配網路 1216 電性連通，以用於為電漿供電。在一些實施例中，透過控制處理站壓力、氣體濃度、RF 源功率、RF 源頻率、和電漿功率脈衝時間之中的一或更多者，可對電漿能量加以控制。舉例來說，可在任何合適的功率下操作 RF 功率供應器 1214 及匹配網路 1216，以形成具有所需自由基物種組成物的電漿。合適功率的示例係高達約 500W。

【0125】 在一些實施例中，可經由輸入/輸出控制 (IOC) 序列指令來提供控制器所用的指令。在一示例中，可將為處理階段設定條件所用的指令包括在處理配方的相應配方階段中。在一些情況下，可依序排列處理配方階段，使得用於處理階段的所有指令係與該處理階段同時執行。在一些實施例中，可將用於設定一或更多反應器參數的指令包括在一配方階段中。舉例來說，配方階段可包括用於設定乾式顯影化學品反應物氣體 (例如，HBr 或 HCl) 之流量的指令、以及該配方階段所用的時間延遲指令。在一些實施例中，控制器可包括參照圖 13 的系統控制器 1350 而描述於下的任何特徵。

【0126】 如上所述，在多站處理工具中可包括一或更多處理站。圖 13 顯示多站處理工具 1300 之實施例的示意圖，該多站處理工具 1300 具有入站 (inbound) 負載鎖室 1302 以及出站 (outbound) 負載鎖室 1304，其中的一者或兩者可包括遠端電漿來源。處於大氣壓力下的機器人 1306 係配置以將基板從透過傳送盒 1308 進行裝載的晶舟通過大氣通口 1310 進到入站負載鎖室 1302 中。藉由機器人 1306 將晶圓放置在入站負載鎖室 1302 中的基座 1312 上，將大氣通口 1310 關閉，並且將負載鎖室進行抽氣。在入站負載鎖室 1302 包括遠端電漿來源的情況下，在晶圓被導引至處理腔室 1314 中之前可在負載鎖室內將其暴露於遠端電漿處理，以處理矽氮化物表面。此外，還可在入站負載鎖室 1302 中對晶圓進行加熱，例如以移除濕氣和已吸附氣體。接下來，開啟往處理腔室 1314 的腔室傳輸通口 1316，且另一機器人 (未顯示) 將晶圓放入反應器中、並位於在反應器中所顯示之第一站的基座上以進行處理。雖然在圖 13 中所繪示的實施例係包括負載鎖室，但將能理解的是，在一些實施例中，可提供將晶圓直接進入處理站中。

【0127】 所繪示的處理腔室 1314 包括四個處理站，在圖 13 中所顯示的實施例中係從 1 到 4 進行編號。各站具有加熱基座 (顯示為站 1 的基座 1318)、及氣體管線入口。將能理解的是，在一些實施例中，各處理站可具有不同、或複數用途。舉例來說，在一些實施例中，處理站可在乾式顯影與蝕刻處理模式之間切換。附加地或替代性地，在一些實施例中，處理腔室 1314 可包括乾式顯影與蝕刻處理站的一或更多匹配對 (matched pair)。雖然所繪示的處理腔室 1314 包括四個站，但將能理解的是，根據本揭露的處理腔室可具有任何合適數量的站。舉例來說，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。

【0128】圖 13 繪示晶圓搬運系統 1390 的實施例，用於在處理腔室 1314 中傳輸晶圓。在一些實施例中，晶圓搬運系統 1390 可在各種處理站之間、及/或在處理站與負載鎖室之間傳輸晶圓。將能理解的是，可使用任何合適的晶圓搬運系統。非限制性的示例包括晶圓旋轉料架 (carousel) 及晶圓搬運機器人。圖 13 還繪示系統控制器 1350 的實施例，該系統控制器 1350 係使用以控制處理工具 1300 的處理條件與硬體狀態。系統控制器 1350 可包括一或更多記憶裝置 1356、一或更多大量儲存裝置 1354、以及一或更多處理器 1352。處理器 1352 可包括 CPU 或電腦、類比及/或數位輸入/輸出連接件、步進馬達控制器板等。

【0129】在一些實施例中，系統控制器 1350 控制著處理工具 1300 的所有活動。系統控制器 1350 執行系統控制軟體 1358，該系統控制軟體 1358 係儲存在大量儲存裝置 1354 中、載入至記憶裝置 1356 中、以及在處理器 1352 上執行。或者，可將控制邏輯硬編碼至控制器 1350 中。特殊應用積體電路、可編程邏輯裝置 (例如，場域可編程閘極陣列、或 FPGA) 等可為了這些用途而使用。下列討論中，無論在何處使用「軟體」或「編碼」，均可在該處使用功能性相當的硬編碼邏輯。系統控制軟體 1358 可包括複數指令，用於控制：時間、氣體混合、氣體流量、腔室及/或站的壓力、腔室及/或站的溫度、晶圓溫度、目標功率層級、RF 功率層級、基板基座、卡盤及/或承受器位置、以及由處理工具 1300 所執行的特定處理之其他參數。系統控制軟體 1358 可透過任何合適的方式進行配置。舉例而言，可將各種處理工具構件的子程式或控制物件進行編寫，以對執行各種處理工具處理

所使用的處理工具構件之操作進行控制。系統控制軟體 1358 可在任何合適的電腦可讀編程語言中進行編碼。

【0130】 在一些實施例中，系統控制軟體 1358 可包括用於控制上述各種參數的輸入/輸出控制 (IOC) 序列指令。在一些實施例中，可使用儲存在與系統控制器 1350 相關的大量儲存裝置 1354 及/或記憶裝置 1356 上的其他電腦軟體及/或程式。為了此目的的程式、或程式部分的示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、及電漿控制程式。

【0131】 基板定位程式可包括處理工具構件所用的程式編碼，用以將基板裝載至基座 1318 上、並且控制基板與處理工具 1300 的其他部件之間間距。

【0132】 處理氣體控制程式可包括編碼，該編碼係用於控制含鹵化物氣體組成 (例如，如本文所述之 HBr、或 HCl) 及流量，並且任選地在沉積之前用於將氣體流入一或更多處理站中以穩定該處理站內之壓力。壓力控制程式可包括編碼，用於例如透過調節處理站之排氣系統內的節流閥、進入該處理站內的氣流等，以控制該處理站內之壓力。

【0133】 加熱器控制程式可包括用於控制往加熱單元之電流的編碼，該加熱單元係用以加熱基板。或者，加熱器控制程式可控制熱傳輸氣體 (例如，氮) 往基板的傳輸。

【0134】 電漿控制程式可包括編碼，用於根據本文的實施例以對施加至一或更多處理站內的處理電極之 RF 功率層級進行設定。

【0135】 壓力控制程式可包括用於根據本文的實施例以維持反應腔室內之壓力的編碼。

【0136】 在一些實施例中，可存在與系統控制器 1350 相關的使用者介面。所述使用者介面可包括顯示螢幕、設備及/或處理條件的圖像軟體顯示器、以及例如指向裝置、鍵盤、觸碰螢幕、麥克風等的使用者輸入裝置。

【0137】 在一些實施例中，由系統控制器 1350 所調整的參數可與處理條件有關。非限制性的示例包括處理氣體的組成及流量、溫度、壓力、電漿條件（例如，RF 偏壓功率層級）等。這些參數可透過配方的形式而提供給使用者，該配方可運用該使用者介面加以輸入。

【0138】 透過來自各種處理工具感測器之系統控制器 1350 的類比及/或數位輸入連接件，可提供用於監控處理的複數信號。可將用於控制處理的該等信號輸出在處理工具 1300 的類比及數位輸出連接件上。可受監控之處理工具感測器的非限制性示例包括質量流量控制器、壓力感測器（例如，壓力計）、熱電耦等。經適當編程的回饋及控制演算法可與來自這些感測器的數據一起使用以維持處理條件。

【0139】 系統控制器 1350 可提供用於實施上述沉積處理的程式指令。所述程式指令可控制各種處理參數，像是 DC 功率層級、RF 偏壓功率層級、壓力、溫度等。所述指令可根據本文所述的各種實施例來控制該等參數，以操作顯影及/或蝕刻處理。

【0140】 系統控制器 1350 通常將包括一或更多記憶裝置、以及配置以執行指令的一或更多處理器，使得該設備將根據所揭露的實施例而執行方法。可將包含指令的機器可讀媒體耦接至系統控制器 1350，所述指令係用於根據所揭露的實施例而控制處理操作。

【0141】 在一些實施例中，系統控制器 1350 為系統的一部分，其可為上述示例的一部份。這樣的系統可包括半導體處理配備，包括一或更多處理工具、一或更多腔室、一或更多的處理用平台、及/或特定處理構件（晶

圓基座、氣體流量系統等)。這些系統可與在處理半導體晶圓或基板之前、期間、及之後將其操作進行控制之電子元件整合在一起。所述電子元件可稱為「控制器」，其可控制一或更多系統之各種構件或子部件。取決於處理條件及/或系統類型，可將系統控制器 1350 進行編程以控制本文揭露的任何處理，包括處理氣體的運輸、溫度設定（例如，加熱及/或冷卻）、壓力設定、真空設定、功率設定、射頻（RF）產生器設定、RF 匹配電路設定、頻率設定、流量設定、流體運輸設定、位置及操作設定、晶圓對於工具、其他傳輸工具、及/或與特定系統連接或接合之負載鎖室的傳入及傳出。

【0142】 廣義而言，可將系統控制器 1350 界定為具有各種積體電路、邏輯、記憶體、及/或軟體的電子裝置，以接收指令、發出指令、控制操作、准許清潔操作、准許端點量測等。所述積體電路可包括以韌體形式儲存程式指令的晶片、數位訊號處理器（DSP）、定義為特殊應用積體電路（ASIC）的晶片、及/或執行程式指令（例如，軟體）之一或更多微處理器或微控制器。程式指令可係以各種獨立設定（或是程式檔案）的形式而與系統控制器 1350 通信的指令，以定義出用於在半導體晶圓上、或針對半導體晶圓、或對系統執行特定處理的操作參數。在一些實施例中，操作參數可為由製程工程師所定義之配方的一部分，以在一或更多層、材料、金屬、氧化物、矽、二氧化矽、表面、電路、及/或晶圓之晶粒的加工期間完成一或更多處理步驟。

【0143】 在一些實施例中，系統控制器 1350 可為電腦的一部分或耦接至電腦，所述電腦係整合並耦接至所述系統，不然就係以網路連接至所述系統，或是其組合。例如，系統控制器 1350 可位於「雲端」、或 FAB 主電腦系統的全部或一部分，而可允許對基板處理的遠端存取。電腦可准許對系統的遠端存取能夠監控加工操作的當前進程、檢視過去加工操作的

歷史、檢視來自複數加工操作的趨勢或性能度量、變更當前處理的參數、設定當前處理之後的處理步驟、或是開始新的處理。在一些示例中，遠端電腦（例如，伺服器）可透過網路向系統提供處理配方，其中該網路可包括區域網路、或網際網路。遠端電腦可包括使用者介面，而能夠對參數及/或設定進行輸入或編寫，接著將所述參數及/或設定從該遠端電腦傳送至系統。在一些示例中，系統控制器 1350 接收數據形式的指令，所述指令係在一或更多操作期間待執行之每一處理步驟的特定參數。應當理解的是，所述參數可特定於待執行的處理類型、以及系統控制器 1350 所配置以連接或控制的工具類型。因此，如上所述，系統控制器 1350 可例如藉由包括一或更多離散控制器而進行分佈，所述離散控制器係彼此以網路連接且朝向共同的目的（例如本文所述的處理與控制）而運作。為了此目的所分佈的控制器示例將係位於腔室上的一或更多積體電路，所述積體電路係與遠端設置（例如，位於平台層或作為遠端電腦的一部分）、且結合以控制腔室上之步驟的一或更多積體電路通信。

【0144】 不具限制地，示例性系統可包括電漿蝕刻腔室或模組、沉積腔室或模組、旋轉-清洗腔室或模組、金屬電鍍腔室或模組、清潔腔室或模組、晶邊蝕刻腔室或模組、物理氣相沉積（PVD）腔室或模組、化學氣相沉積（CVD）腔室或模組、ALD 腔室或模組、原子層蝕刻（ALE）腔室或模組、離子植入腔室或模組、軌道腔室或模組、EUV 微影腔室（掃描器）或模組、顯影腔室或模組、以及可有關於或使用於半導體晶圓之加工及/或製造中的任何其他半導體處理系統。

【0145】 如上所述，取決於工具所待執行的一或更多處理步驟，系統控制器 1350 可通信至一或更多其他工具電路或模組、其他工具構件、群集式工具、其他工具介面、相鄰工具、鄰近工具、遍布於工廠的工具、主電

腦、另一控制器、或材料輸送中所使用的工具，而將晶圓的容器帶進及帶出半導體製造工廠的工具位置及/或裝載通口。

【0146】 在某些實施例中，感應耦合式電漿（ICP）反應可能適合用於蝕刻操作，所述蝕刻操作係適合用於實施現正描述的一些實施例。雖然此處係描述 ICP 反應器，但應當理解的是，在一些實施例中還可使用電容式耦合電漿反應器。

【0147】 圖 14 係示意性地顯示感應耦合式電漿設備 1400 的橫剖面圖，該感應耦合式電漿設備 1400 係適合用於實行某些實施例、或是實施例的態樣，例如乾式顯影及/或蝕刻，感應耦合式電漿設備 1400 的一示例係由 Lam Research Corp. of Fremont, CA 所製造的 Kiyo®反應器。在其他實施例中，可將其他工具、或工具類型用於實行例，所述其他工具、或工具類型係具有進行本文所述的乾式顯影及/或蝕刻處理的功能性。

【0148】 感應耦合式電漿設備 1400 包括由腔室壁 1401 及窗部 1411 所結構界定的總處理腔室。腔室壁 1401 可從不鏽鋼、鋁、或塑膠加工而得。窗部 1411 可從石英、或其他介電材料加工而得。任選的內部電漿網格 1450 將該總處理腔室區分為上部子腔室 1402、及下部子腔室 1403。在大多數實施例中，可將電漿網格 1450 移除，從而運用由子腔室 1402 及 1403 所形成的腔室空間。卡盤 1417 係設置於下部子腔室 1403 中、且接近底部內表面。卡盤 1417 係配置以接收並固持半導體晶圓 1419，其中在該半導體晶圓 1419 上係執行蝕刻與沉積處理。當存在時，卡盤 1417 可為用於支撐晶圓 1419 的靜電卡盤。在一些實施例中，當存在於卡盤 1417 上時，邊緣環（未顯示）係環繞卡盤 1417，並且具有與晶圓 1419 的頂表面大致呈平面的上部表面。卡盤 1417 還包括用於將晶圓 1419 夾持、及解夾（dechucking）的靜電電極。過濾器及 DC 夾具電源（未顯示）可為此目的

而提供。還可提供用於將晶圓 1419 從卡盤 1417 提起的其他控制系統。使用 RF 電源 1423 可將卡盤 1417 充電。RF 電源 1423 係透過連接件 1427 而與匹配電路 1421 連接。匹配電路 1421 係透過連接件 1425 而與卡盤 1417 連接。在此方法中，RF 電源 1423 係與卡盤 1417 連接。在各種實施例中，可將靜電卡盤的偏壓功率設定為約 50 V、或是可取決於所揭露的實施例執行處理而設定不同的偏壓功率。舉例來說，偏壓功率可介於約 20 V 與約 100 V 之間、或介於約 30 V 與約 150 V 之間。

【0149】 用於產生電漿的元件包括設置在窗部 1411 上的線圈 1433。在一些實施例中，線圈並未使用於所揭露的實施例中。線圈 1433 係從導電材料加工而得，並且包括至少一完整的匝（turn）。圖 14 中所顯示的線圈 1433 之示例係包括三匝。線圈 1433 的橫剖面係伴隨符號加以顯示，具有「X」的線圈係迴旋延伸進入頁面，而具有「●」的線圈係迴旋延伸出頁面。用於產生電漿的元件還包括 RF 電源 1441，該 RF 電源 1441 係配置以將 RF 功率供應至線圈 1433。一般而言，RF 電源 1441 係透過連接件 1445 而與匹配電路 1439 連接。匹配電路 1439 係透過連接件 1443 而與線圈 1433 連接。在此方式中，RF 電源 1441 係與線圈 1433 連接。任選的法拉第遮蔽件 1449 係設置在線圈 1433 與窗部 1411 之間。可將該法拉第遮蔽件 1449 相對於線圈 1433 保持在分隔開的關係中。在一些實施例中，該法拉第遮蔽件 1449 係緊鄰設置在窗部 1411 上方。在一些實施例中，該法拉第遮蔽件 1449 係介於窗部 1411 與卡盤 1417 之間。在一些實施例中，該法拉第遮蔽件 1449 相對於線圈 1433 係不保持在分隔開的關係中。舉例來說，法拉第遮蔽件 1449 可直接位於窗部 1411 下而不具間隙。線圈 1433、法拉第遮蔽件 1449、及窗部 1411 係各自實質平行於彼此而配置。法拉第遮蔽件 1449 可防止金屬、或其他物種沉積在處理腔室的窗部 1411 上。

【0150】處理氣體可經由設置在上部子腔室 1402 的一或更多主氣體流入口 1460、及/或經由一或更多側氣體流入口 1470 而流入處理腔室中。同樣地，雖然並未明確顯示，但可將類似的氣體流入口用以將處理氣體供應至電容耦合式電漿處理腔室。真空幫浦（例如，一或二級的機械式乾燥幫浦、及/或渦輪分子幫浦 1440）可用以將處理氣體抽出處理腔室，並維持該處理腔室中的壓力。舉例來說，在 ALD 的吹淨操作期間，可將真空幫浦用以對下部子腔室 1403 抽真空。閥控制的導管可用以將真空幫浦流體連接至處理腔室，以選擇性控制該真空幫浦所提供的真空環境之應用。這可透過在運行的電漿處理期間使用例如節流閥（未顯示）、或鐘擺閥（未顯示）的閉迴路控制流量限制裝置而加以完成。同樣地，還可使用往電容耦合式電漿處理腔室的真空幫浦與閥控制的流體連接件。

【0151】在設備 1400 的操作期間，可經由氣體流入口 1460 及/或 1470 來供應一或更多處理氣體。在某些實施例中，可僅經由主氣體流入口 1460、或僅經由側氣體流入口 1470 來供應處理氣體。在一些實施例中，可例如以較複雜的氣體流入口、一或更多噴淋頭來取代圖中所顯示的氣體流入口。法拉第遮蔽件 1449 及/或任選的網格 1450 可包括內部通道與孔洞，以允許將處理氣體輸送至處理腔室。法拉第遮蔽件 1449 和任選的網格 1450 的其中一者或兩者可用作噴淋頭以輸送處理氣體。在一些實施例中，液體汽化及輸送系統可位於處理腔室的上游，一旦將液體反應物或前驅物汽化，即可將汽化的反應物或前驅物經由氣體流入口 1460 及/或 1470 導入處理腔室中。

【0152】射頻功率係從 RF 電源 1441 供應至線圈 1433，使 RF 電流流經該線圈 1433。流經線圈 1433 的 RF 電流在該線圈 1433 周圍產生電磁場。該電磁場在上部子腔室 1402 中產生感應電流。所產生的各種離子及自

由基對於晶圓 1419 的物理和化學交互作用將該晶圓 1419 的特徵部進行蝕刻、以及在該晶圓 1419 上選擇性進行層沉積。

【0153】 假若使用電漿網格 1450 而存在上部子腔室 1402 與下部子腔室 1403，則感應電流係作用在上部子腔室 1402 所存在的氣體上，以在該上部子腔室 1402 中產生電子-離子電漿。任選的內部電漿網格 1450 限制了下部子腔室 1403 中的熱電子量。在一些實施例中，係將設備 1400 進行設計與操作，使得存在於下部子腔室 1403 中的電漿為離子-離子電漿。

【0154】 雖然上部的電子-離子電漿與下部的離子-離子電漿兩者可包含正離子與負離子，但該離子-離子電漿將具有較大的負離子比正離子比率。揮發性的蝕刻及/或沉積副產物可經由通口 1422 而從下部子腔室 1403 移除。本文所揭露的卡盤 1417 可在介於約 10°C 與約 250°C 之間範圍的高溫下進行操作。該溫度將取決於處理操作與特定配方。

【0155】 當安裝在無塵室、或加工設施中時，可將設備 1400 耦接至複數設施（未顯示）。設施包括提供處理氣體、真空、溫度控制、及環境微粒控制的管路。當安裝在目標加工設施中時，可將這些設施耦接至設備 1400。此外，可將設備 1400 耦接至轉移腔室，允許機器人使用典型的自動化將半導體晶圓轉移進出設備 1400。

【0156】 在一些實施例中，系統控制器 1430（其可包括一或更多實體、或邏輯控制器）控制處理腔室的一些或所有操作。系統控制器 1430 可包括一或更多記憶裝置、與一或更多處理器。在一些實施例中，設備 1400 包括切換系統，用於在執行所揭露的實施例時控制流量與持續時間。在一些實施例中，設備 1400 可具有高達約 500 ms、或高達約 750 ms 的切換時間。切換時間可取決於所流動的化學品、配方選擇、反應器架構、及其他因素。

【0157】 在一些實施例中，系統控制器 1430 為系統的一部分，其可為上述示例的一部份。這樣的系統可包括半導體處理配備，包括一或更多處理工具、一或更多腔室、一或更多的處理用平台、及/或特定處理構件（晶圓基座、氣體流量系統等）。這些系統可與在處理半導體晶圓或基板之前、期間、及之後將其操作進行控制之電子元件整合在一起。可將所述電子元件整合在系統控制器 1430 中，而可控制一或更多系統的各種構件或子部件。取決於處理條件及/或系統類型，可將系統控制器進行編程以控制本文揭露的任何處理，包括處理氣體的運輸、溫度設定（例如，加熱及/或冷卻）、壓力設定、真空設定、功率設定、射頻（RF）產生器設定、RF 匹配電路設定、頻率設定、流量設定、流體運輸設定、位置及操作設定、晶圓對於工具、其他傳輸工具、及/或與特定系統連接或接合之負載鎖室的傳入及傳出。

【0158】 廣義而言，可將系統控制器 1430 界定為具有各種積體電路、邏輯、記憶體、及/或軟體的電子裝置，以接收指令、發出指令、控制操作、准許清潔操作、准許端點量測等。所述積體電路可包括以韌體形式儲存程式指令的晶片、數位訊號處理器（DSP）、定義為特殊應用積體電路（ASIC）的晶片、及/或執行程式指令（例如，軟體）的一或更多微處理器或微控制器。程式指令可係以各種獨立設定（或是程式檔案）的形式而與控制器通信的指令，以定義出用於在半導體晶圓上、或針對半導體晶圓、或對系統執行特定處理的操作參數。在一些實施例中，操作參數可為由製程工程師所定義之配方的一部分，以在一或更多層、材料、金屬、氧化物、矽、二氧化矽、表面、電路、及/或晶圓之晶粒的加工期間完成一或更多處理步驟。

【0159】 在一些實施例中，系統控制器 1430 可為電腦的一部分或耦接至電腦，所述電腦係整合並耦接至所述系統，不然就係以網路連接至所述系統，或是其組合。例如，控制器可位於「雲端」、或 FAB 主電腦系統

的全部或一部分，而可允許對基板處理的遠端存取。電腦可准許對系統的遠端存取能夠監控加工操作的當前進程、檢視過去加工操作的歷史、檢視來自複數加工操作的趨勢或性能度量、變更當前處理的參數、設定當前處理之後的處理步驟、或是開始新的處理。在一些示例中，遠端電腦（例如，伺服器）可透過網路向系統提供處理配方，其中該網路可包括區域網路、或網際網路。遠端電腦可包括使用者介面，而能夠對參數及/或設定進行輸入或編寫，接著將所述參數及/或設定從該遠端電腦傳送至系統。在一些示例中，系統控制器 1430 接收數據形式的指令，所述指令係在一或更多操作期間待執行之每一處理步驟的特定參數。應當理解的是，所述參數可特定於待執行的處理類型、以及控制器所配置以連接或控制的工具類型。因此，如上所述，系統控制器 1430 可例如藉由包括一或更多離散控制器而進行分佈，所述離散控制器係彼此以網路連接且朝向共同的目的（例如本文所述的處理與控制）而運作。為了此目的所分佈的控制器示例將係位於腔室上的一或更多積體電路，所述積體電路係與遠端設置（例如，位於平台層或作為遠端電腦的一部分）、且結合以控制腔室上之步驟的一或更多積體電路通信。

【0160】 不具限制地，示例性系統可包括電漿蝕刻腔室或模組、沉積腔室或模組、旋轉-清洗腔室或模組、金屬電鍍腔室或模組、清潔腔室或模組、晶邊蝕刻腔室或模組、物理氣相沉積（PVD）腔室或模組、化學氣相沉積（CVD）腔室或模組、ALD 腔室或模組、ALE 腔室或模組、離子植入腔室或模組、軌道腔室或模組、EUV 微影腔室（掃描器）或模組、乾式顯影腔室或模組、以及可有關於或使用於半導體晶圓之加工及/或製造中的任何其他半導體處理系統。

【0161】 如上所述，取決於工具所待執行的一或更多處理步驟，控制器可通信至一或更多其他工具電路或模組、其他工具構件、群集式工具、其他工具介面、相鄰工具、鄰近工具、遍布於工廠的工具、主電腦、另一控制器、或材料輸送中所使用的工具，而將晶圓的容器帶進及帶出半導體製造工廠的工具位置及/或裝載通口。

【0162】 EUVL 圖案化可使用任何合適的工具（經常稱之為掃描器）加以執行，例如由 ASML of Veldhoven, NL 所供應的 TWINSKAN NXE: 3300B®平台。EUVL 圖案化工具可為基板從其移動進出的獨立裝置，以用於進行本文所述的沉積與蝕刻。或者，如下所述，EUVL 圖案化工具可為位於較大型多構件工具上的模組。圖 15 繪示半導體處理群集工具架構，該半導體處理群集工具架構具有與真空轉移模組連接的真空整合沉積、EUV 圖案化、及乾式顯影/蝕刻模組，而適合用於實行本文所述的處理。雖然所述處理可在不具這種真空整合設備的情況下進行，但在一些實施例中這種設備可為有利的。

【0163】 圖 15 繪示半導體處理群集工具架構，該半導體處理群集工具架構具有與真空轉移模組連接的真空整合沉積、及圖案化模組，而適合用於實行本文所述的處理。可將在複數儲存設施與處理模組之間「傳輸」晶圓的傳輸模組配置稱為「群集工具架構」系統。根據特定處理的需求，沉積和圖案化模組係真空整合的。還可將其他模組（例如，用於蝕刻）包括於該群集上。

【0164】 真空傳輸模組（VTM）1538 與四個處理模組 1520a - 1520d 相互連接，其中可獨立對所述處理模組進行優化以執行各種加工處理。舉例來說，處理模組 1520a - 1520d 可實施以執行沉積、蒸發、ELD、乾式顯影、蝕刻、剝除、及/或其他半導體處理。例如，模組 1520a 可為 ALD 反

應器，可將 ALD 反應器操作以在本文所述的非電漿、熱原子層沉積中執行，所述 ALD 反應器例如為可從 Lam Research Corporation, Fremont, CA 所取得的 Vector 工具。而模組 1520b 可為 PECVD 工具，例如 Lam Vector®。應當理解，圖式並不需按照比例繪示。

【0165】氣室 1542 及 1546(亦稱為負載鎖室、或傳輸模組)與 VTM 1538 和圖案化模組 1540 相互連接。舉例來說，如上所述，合適的圖案化模組可為由 ASML of Veldhoven, NL 所供應的 TWINSKAN NXE: 3300B® 平台。此工具架構允許工件(例如，半導體基板、或晶圓)在真空下進行傳輸，而在曝光之前不會進行反應。考慮到入射光子被環境氣體(例如，H₂O、O₂等)的強烈光學吸收，使得 EUVL 還需要大幅減壓的事實促進了沉積模組與微影工具的整合。

【0166】如上所述，此整合架構僅僅是用於實行所述處理之工具的其中一種可能的實施例。所述處理還可利用更習知的獨立 EUVL 掃描器、以及獨立、或與其他工具(例如，蝕刻、剝除等)(例如，Lam Kiyo 或 Gamma 工具)整合在群集架構中沉積反應器(例如，Lam Vector 工具)而作為模組加以實施，例如參照圖 15 所描述但不具有整合圖案化模組。

【0167】氣室 1542 可為「輸出」負載鎖室，指的是將基板從供應沉積模組 1520a 的 VTM 1538 傳輸至圖案化模組 1540；而氣室 1546 可為「輸入」負載鎖室，指的是將基板從該圖案化模組 1540 傳輸回到 VTM 1538 中。輸入負載鎖室 1546 還可提供往工具外部的介面，以用於將基板放入或取出。各處理模組具有將模組與 VTM 1538 相互連接的維面(facet)。舉例來說，沉積處理模組 1520a 具有維面 1536。在各維面內側，感測器(例如，所顯示的感測器 1~18)係當晶圓 1526 在各自的站之間移動時用以偵

測晶圓 1526 的通過。可利用附加的維面與感測器（未顯示）對圖案化模組 1540、及氣室 1542 與 1546 進行配備。

【0168】 主 VTM 機器人 1522 將晶圓 1526 在模組（包括氣室 1542 與 1546）之間傳輸。在一實施例中，機器人 1522 具有一臂件，而在另一實施例中，機器人 1522 具有兩臂件，其中各臂件具有拾取晶圓（例如，晶圓 1526）以進行輸送的端效器 1524。前端機器人 1544 係用以將晶圓 1526 從輸出氣室 1542 傳輸至圖案化模組 1540 中、以及從該圖案化模組 1540 傳輸至輸入氣室 1546 中。前端機器人 1544 還可將晶圓 1526 在輸入負載鎖室與工具的外部之間輸送，以用於將基板放入或取出。由於輸入氣室模組 1546 具有將環境在大氣與真空之間進行匹配的能力，因此能夠將晶圓 1526 在兩種壓力環境之間移動而不受損。

【0169】 應當注意，EUVL 工具通常係在比沉積工具更高的真空下操作。若是如此，則需要在沉積與 EUVL 工具之間傳輸的期間提高基板的真空環境，以允許將該基板在進入圖案化工具之前進行除氣。輸出氣室 1542 可提供此功能，藉由將所傳輸的晶圓保持在較低壓力（不高於圖案化模組 1540 中的壓力）一段時間，並且排出任何的釋放氣體（off-gassing），使得圖案化模組 1540 的光學件不會被基板的釋放氣體所污染。對於輸出、釋放氣體氣室的合適壓力係不大於 $1E-8$ Torr。

【0170】 在一些實施例中，系統控制器 1550（其可包括一或更多實體、或邏輯控制器）控制著群集工具及/或其各自模組的一些、或所有操作。應當注意，控制器可位於該群集架構的本地、或是可位於製造樓層中的群集架構外部、或是在遠端位置透過網路而連接至該群集架構。系統控制器 1550 可包括一或更多記憶裝置、與一或更多處理器。所述處理器可包括中央處理單元（CPU）或電腦、類比及/或數位輸入/輸出連接件、步進馬達控

制器板、與其他類似構件。在所述處理器上係執行用於實行合適控制操作的複數指令。這些指令可儲存在與該控制器相關的記憶裝置上、或是可將它們透過網路加以提供。在某些實施例中，系統控制器係執行系統控制軟體。

【0171】 系統控制軟體可包括複數指令，用於控制應用時間、及/或任何態樣之工具或模組操作的強度。系統控制軟體可利用任何合適方式加以配置。舉例來說，可將各種處理工具構件的子程式、或控制物件進行編寫，以控制處理工具構件執行各種處理工具處理所需要的操作。系統控制軟體可在任何合適的電腦可讀編程語言中進行編碼。在一些實施例中，系統控制軟體包括包括輸入/輸出控制（**IOC**）序列指令，以用於控制上述的各種參數。舉例來說，半導體加工處理的各階段可包括由系統控制器所執行的一或更多指令。舉例來說，可將用於設定縮合、沉積、蒸發、圖案化、及/或蝕刻階段之處理條件的指令包括在相應的配方階段中。

【0172】 在各種實施例中，係提供用於形成負調性圖案遮罩的設備。該設備可包括用於圖案化、沉積、和蝕刻的處理腔室、以及包括複數指令的控制器，以用於形成負調性圖案遮罩。所述指令可包括編碼，用於在處理腔室中透過 **EUV** 曝光以暴露基板表面，而在半導體基板上的化學放大光阻（**CAR**）中圖案化一特徵部；將經光圖案化的光阻顯影；以及使用經圖案化光阻作為遮罩來蝕刻下伏層或層堆疊。顯影可使用含鹵化物化學品而執行。

【0173】 應當注意，控制著晶圓移動的電腦可位於該群集架構的本地、或是可位於製造樓層中的群集架構外部、或是在遠端位置透過網路而連接至該群集架構。關於圖 12、13、或 14 任何一者所描述於上的控制器可與圖 15 中的工具一起實行。

結論

【0174】 揭露了用於將金屬及/或金屬氧化物光阻進行乾式顯影，以例如在 EUV 圖案化的背景中形成圖案化遮罩的處理與設備。

【0175】 應當理解，本文中所揭露的示例與實施例僅係為了說明目的，且依據它們的各種修改與變更將係建議給本領域中具有通常知識者。儘管各種細節係為了簡潔性而省略，但可實行各種設計替代物。因此，係將所呈現的示例視為說明性、而並非限制性的，且本揭露並不受限於本文中所給定的細節，而是可在本揭露的範圍內進行修改。

【符號說明】

【0176】

1~18: 感測器

102, 104, 106, 108, 110, 112: 方塊

200: 晶圓

202: 基板

204: 基板層

206: 經光圖案化含金屬 EUV 光阻膜

206a: 非 EUV 曝光區域

206b: 經 EUV 曝光區域

208: 光阻遮罩

1200: 處理站

1201: 反應物輸送系統

1202: 處理腔室本體

- 1203: 汽化點
- 1204: 混合槽
- 1206: 分佈噴淋頭
- 1208: 基座
- 1210: 加熱器
- 1212: 基板
- 1214: 射頻 (RF) 功率供應器
- 1216: 匹配網路
- 1218: 蝶形閥
- 1220: 混合槽入口閥
- 1300: 多站處理工具
- 1302: 入站負載鎖室
- 1304: 出站負載鎖室
- 1306: 機器人
- 1308: 傳送盒
- 1310: 大氣通口
- 1312: 基座
- 1314: 處理腔室
- 1316: 腔室傳輸通口
- 1318: 基座
- 1350: 系統控制器
- 1352: 處理器
- 1354: 儲存裝置
- 1356: 記憶裝置

- 1358: 系統控制軟體
- 1390: 晶圓搬運系統
- 1400: 感應耦合式電漿設備
- 1401: 腔室壁
- 1402: 上部子腔室
- 1403: 下部子腔室
- 1411: 窗部
- 1417: 卡盤
- 1419: 半導體晶圓
- 1421: 匹配電路
- 1422: 通口
- 1423: RF 電源
- 1425: 連接件
- 1427: 連接件
- 1430: 系統控制器
- 1433: 線圈
- 1439: 匹配電路
- 1440: 渦輪分子幫浦
- 1441: RF 電源
- 1443: 連接件
- 1445: 連接件
- 1449: 法拉第遮蔽件
- 1450: 內部電漿網格
- 1460: 主氣體流入口

- 1470: 側氣體流入口
- 1520a~1520d: 處理模組
- 1522: 主 VTM 機器人
- 1524: 端效器
- 1526: 晶圓
- 1536: 維面
- 1538: 真空傳輸模組 (VTM)
- 1540: 圖案化模組
- 1542: 氣室
- 1544: 前端機器人
- 1546: 氣室
- 1550: 系統控制器

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種半導體基板的處理方法，包括：

在一處理腔室中，在一半導體基板的一基板層上提供一經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻；以及

透過暴露至包括鹵化物的乾式顯影化學品而選擇性地移除該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻的一部分，以將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻加以乾式顯影而形成一光阻遮罩。

【請求項2】 如請求項 1 所述之半導體基板的處理方法，其中將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻加以乾式顯影係包括利用該顯影化學品將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻之一未 EUV 曝光部分相對於一經 EUV 曝光部分進行選擇性地移除，以形成該光阻遮罩。

【請求項3】 如請求項 2 所述之半導體基板的處理方法，更包括：

在不移除該基板層的情況下，將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻之該未 EUV 曝光部分與該經 EUV 曝光部分進行非選擇性移除。

【請求項4】 如請求項 1 所述之半導體基板的處理方法，其中該乾式顯影化學品包括鹵化氫、氫氣與鹵素氣體、有機鹵化物、醯基鹵化物、羰基鹵化物、亞硫醯基鹵化物、或其混合。

【請求項5】 如請求項 4 所述之半導體基板的處理方法，其中該乾式顯影化學品包括氟化氫（HF）、氯化氫（HCl）、溴化氫（HBr）、或碘化氫（HI）。

【請求項6】 如請求項 4 所述之半導體基板的處理方法，其中該乾式顯影化學品包括氫氣（H₂）與氟氣（F₂）、氯氣（Cl₂）、溴氣（Br₂）、或碘氣（I₂）。

【請求項7】如請求項1所述之半導體基板的處理方法，其中該鹵化物係與一載體氣體一起流入該處理腔室中，該載體氣體包括氦(He)、氖(Ne)、氬(Ar)、氙(Xe)、或氮(N₂)。

【請求項8】如請求項1所述之半導體基板的處理方法，其中將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻進行乾式顯影係包括將包括該鹵化物之自由基的一遠端電漿施加至該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻。

【請求項9】如請求項1所述之半導體基板的處理方法，其中將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻進行乾式顯影係包括在無電漿的熱處理中至少暴露於該鹵化物。

【請求項10】如請求項1所述之半導體基板的處理方法，其中將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻進行乾式顯影係在介於約-60°C 與約 120°C 之間的溫度下、介於約 0.1 mTorr 與約 760 Torr 之間的腔室壓力下、介於約 100 sccm 與約 2000 sccm 之間的該鹵化物之氣體流量下進行，該光阻遮罩的蝕刻選擇性係至少部分基於該溫度、該腔室壓力、該氣體流量、或其組合而能夠加以調整。

【請求項11】如請求項10所述之半導體基板的處理方法，其中該溫度係介於約-20°C 與約 20°C 之間。

【請求項12】如請求項10所述之半導體基板的處理方法，其中該光阻遮罩的輪廓係至少部分基於該溫度、該腔室壓力、該氣體流量、或其組合而能夠加以控制。

【請求項13】如請求項1所述之半導體基板的處理方法，其中該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻包括有機錫氧化物。

【請求項14】 如請求項 1 至 12 中任一項所述之半導體基板的處理方法，其中該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻包括一元素，該元素係選自於由：錫、鉛、碲、鉍、銻、銻、碘、及鍺所構成的群組。

【請求項15】 如請求項 1 至 12 中任一項所述之半導體基板的處理方法，其中提供該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻係包括在該基板層上將一含有機金屬氧化物光阻膜進行氣相沉積。

【請求項16】 如請求項 1 至 12 中任一項所述之半導體基板的處理方法，其中提供該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻係包括在該基板層上將一含有機金屬氧化物光阻膜進行旋轉塗佈。

【請求項17】 如請求項 1 至 12 中任一項所述之半導體基板的處理方法，其中該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻的厚度係介於約 10 nm 與約 50 nm 之間。

【請求項18】 如請求項 1 至 12 中任一項所述之半導體基板的處理方法，更包括：

在將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻加以乾式顯影之後，將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻暴露至一惰性氣體電漿。

【請求項19】 如請求項 18 所述之半導體基板的處理方法，更包括：

重複進行下列操作：將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻加以乾式顯影、以及將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻暴露至該惰性氣體電漿。

【請求項20】 如請求項 1 至 12 中任一項所述之半導體基板的處理方法，更包括：

在將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻加以乾式顯影之前，在一高溫下將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻進行烘烤。

【請求項21】 如請求項 1 至 12 中任一項所述之半導體基板的處理方法，其中提供該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻包括：

在該半導體基板上沉積一含有機金屬氧化物 EUV 光阻膜；

在該半導體基板的背側與晶邊周緣上將部分的該含有機金屬氧化物 EUV 光阻膜進行非選擇性移除；以及

將該含有機金屬氧化物 EUV 光阻膜暴露至 EUV 光，以形成該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻。

【請求項22】 如請求項 1 至 12 中任一項所述之半導體基板的處理方法，更包括：

在該半導體基板上沉積一含有機金屬氧化物 EUV 光阻膜；以及

在提供該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻之前，在不移除該基板層的情況下將該含有機金屬氧化物 EUV 光阻膜從該半導體基板進行非選擇性移除。

【請求項23】 一種半導體基板的處理方法，包括：

在一處理腔室中，在一半導體基板的一基板層上提供經乾式沉積的一經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻；以及

透過暴露至包括 HCl 及/或 HBr 的乾式顯影化學品而選擇性地移除該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻的一未 EUV 曝光部分，以將該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻進行乾式顯影，而從一經 EUV 曝光部分形成一光阻硬遮罩。

【請求項24】 如請求項 23 所述之半導體基板的處理方法，其中乾式顯影係在無電漿的熱處理中進行，其中暴露至該乾式顯影化學品係在介於約 -20°C 與約 20°C 之間的溫度下進行。

【請求項25】 如請求項 23 所述之半導體基板的處理方法，其中該經光圖案化的含有機金屬氧化物 EUV 光阻係包括有機錫氧化物。

【發明圖式】

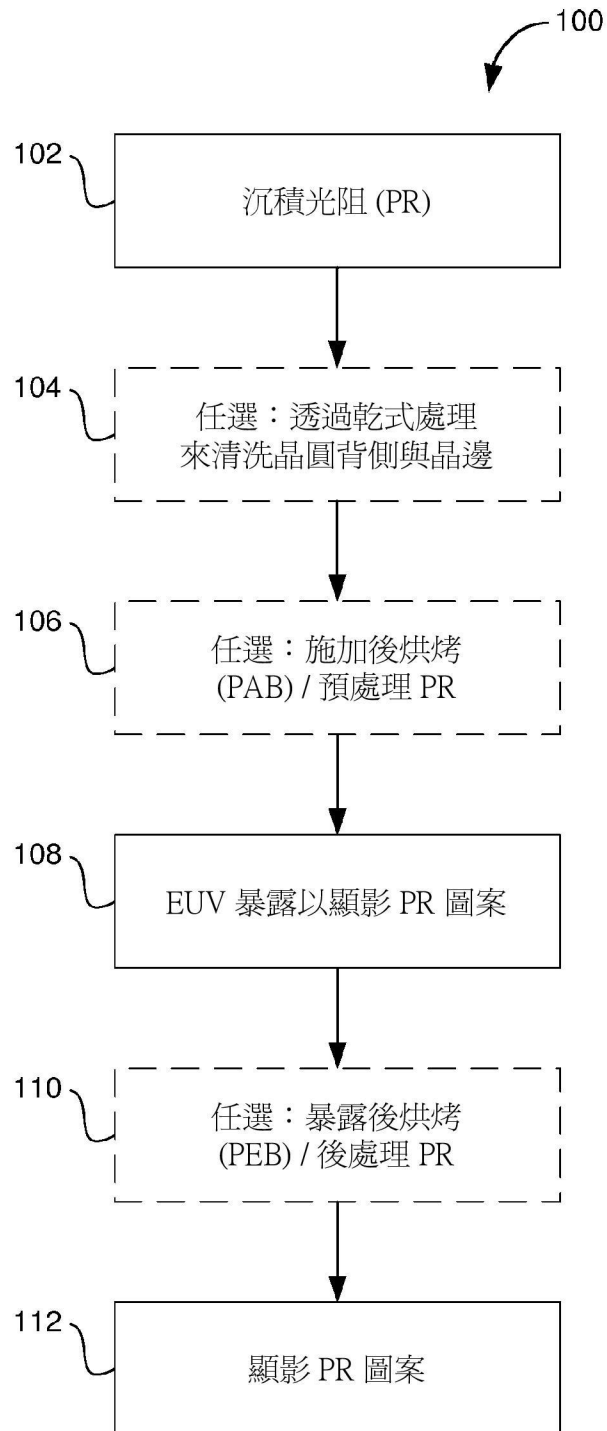
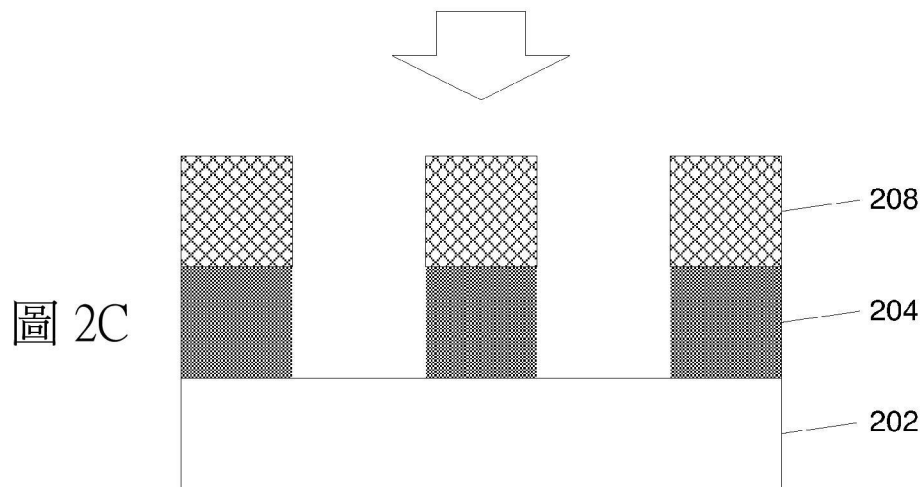
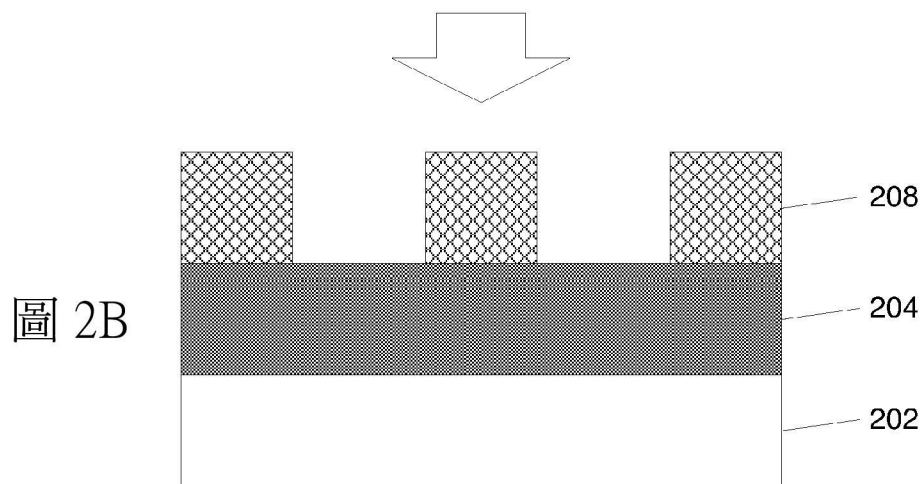
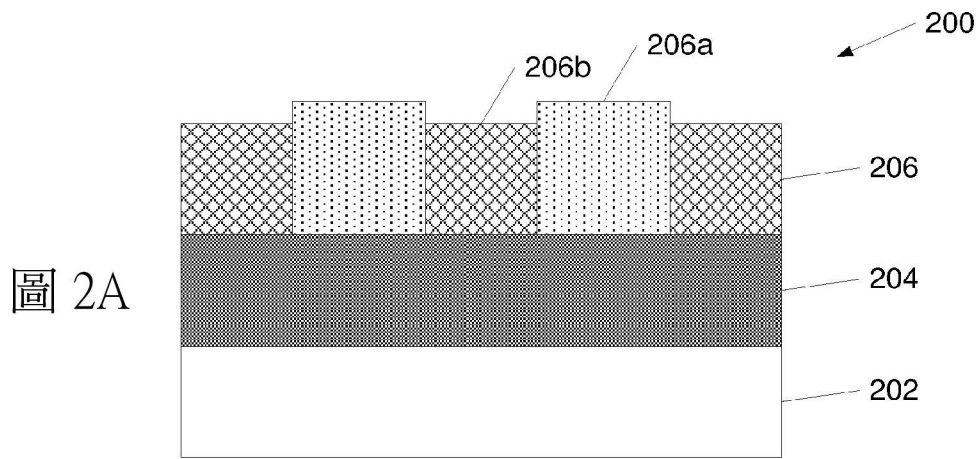
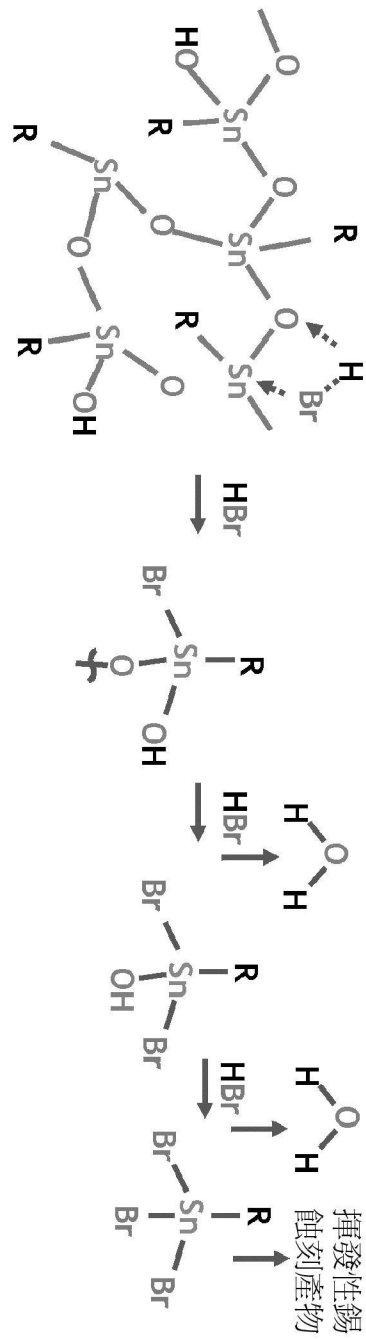


圖 1



未曝光光阻:



經曝光光阻:

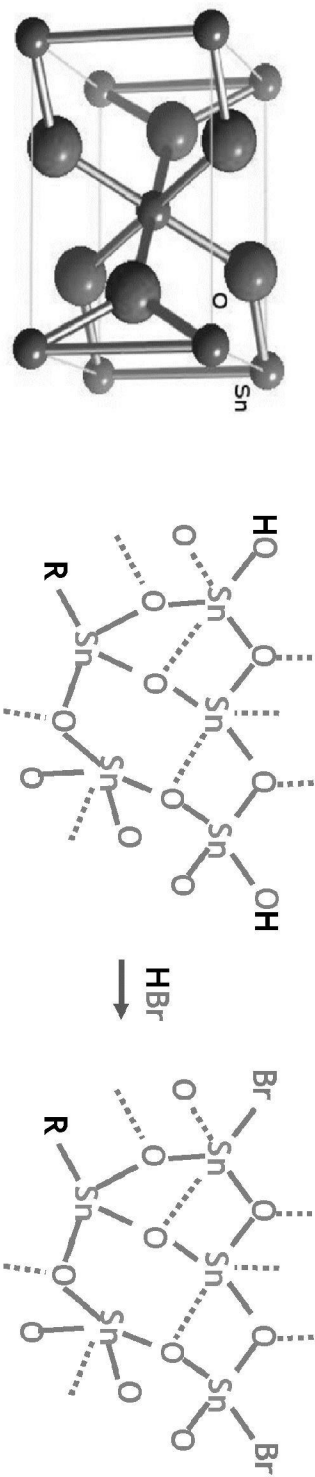
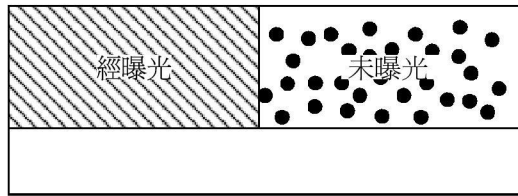
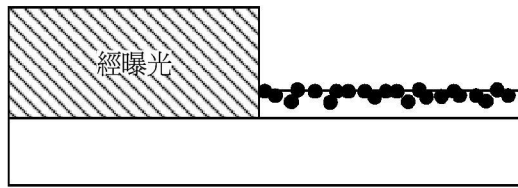


圖 3



↓ 乾式顯影



↓ 乾式顯影

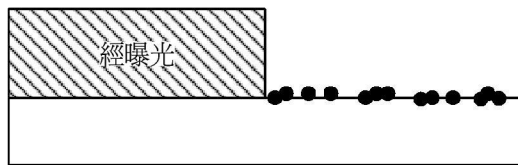
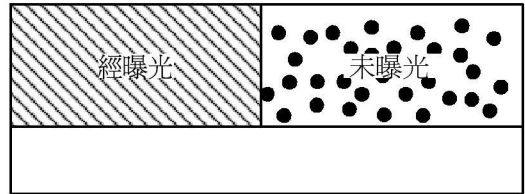
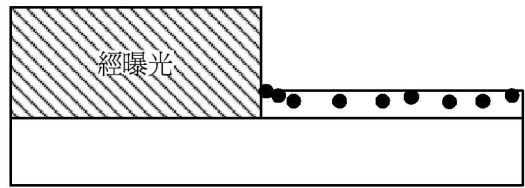


圖 4A



↓ 乾式顯影



↓ 氦脫附

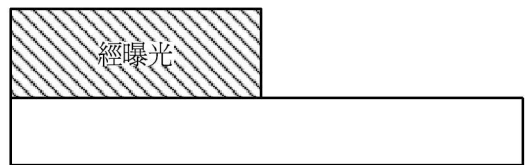


圖 4B

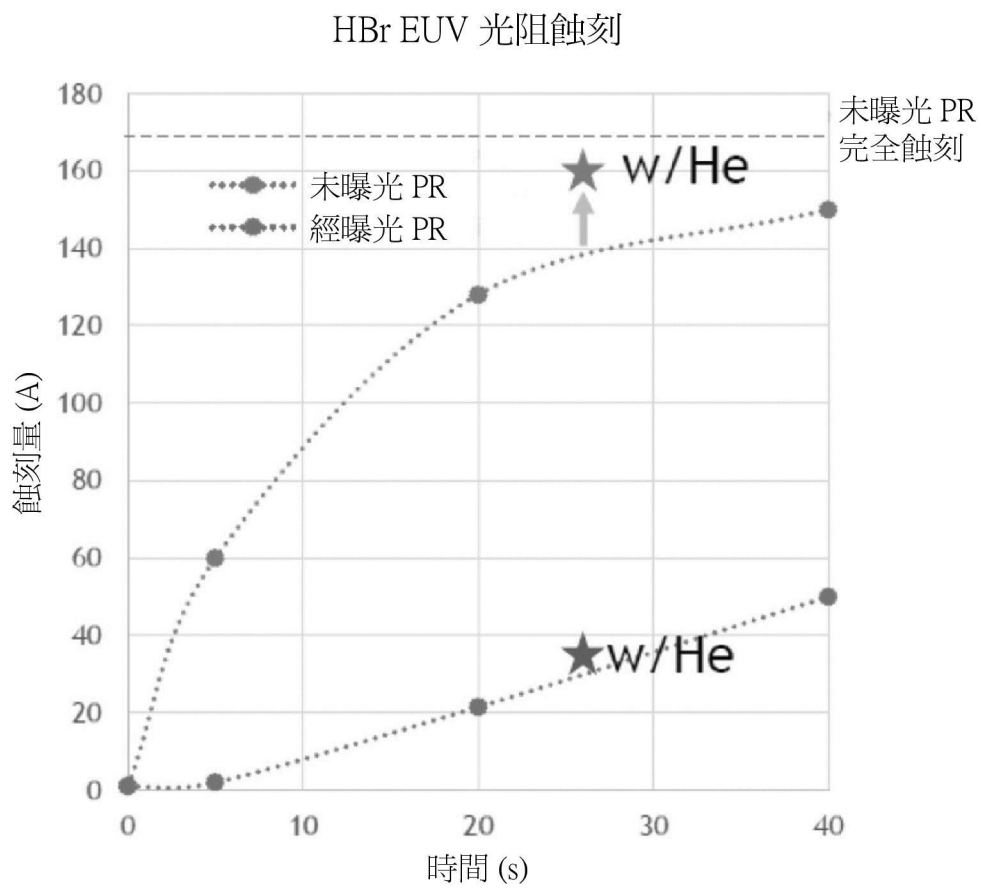


圖 5

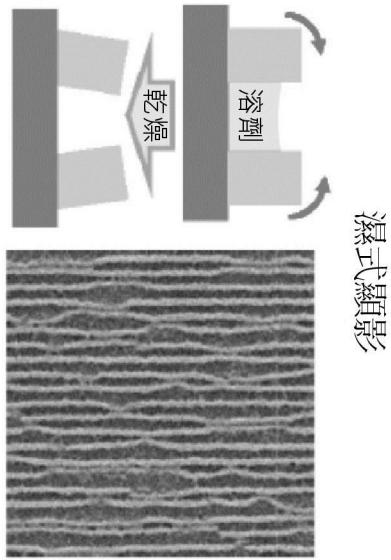


圖 6A

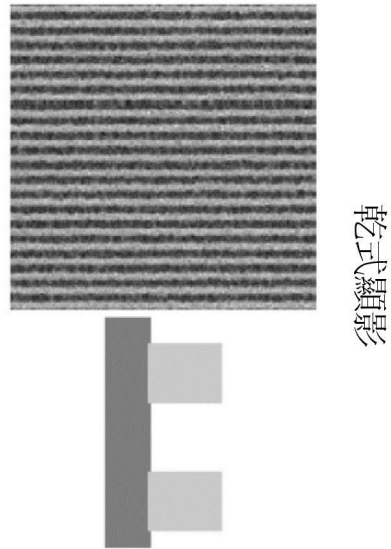


圖 6B

位置	-9, 0	-4, 6	-4, -2	-4, -6
劑量	38		43	
焦距	-0.05	-0.11	-0.03	0.01
濕式顯影				
AHM				
LnCD/LWR			13.0/4.1	
圖案轉移	N/A			
AHM				
LnCD/LWR			14.6/4.7	

圖 7A

位置	-9, 0	-4, 6	-4, -2	-4, -6
劑量	38		43	
焦距	-0.05	-0.11	-0.03	0.01
乾式顯影				
AHM				
LnCD/LWR	10.4/3.8	11.7/3.9	12.1/3.8	11.8/4.5
圖案轉移				
AHM				
LnCD/LWR	10.2/3.7	11.9/3.6	12.2/3.3	12.3/3.9

圖 7B

	預蝕刻	AHM 開口後		
		未去殘渣	1X HBr/He	2X HBr/He
濕式顯影 (49mJ/cm ²)	線路 CD: 16.9 LMR: 4.2 LER: 3.2	線路 CD: 18.1 LMR: 3.6 LER: 2.8	線路 CD: 16.1 LMR: 3.4 LER: 2.9	線路 CD: 15.6 LMR: 3.2 LER: 2.5
乾式顯影 (40mJ/cm ²)	線路 CD: 14.9 LMR: 4.0 LER: 2.9	線路 CD: 14.4 LMR: 3.4 LER: 2.5	線路 CD: 13.7 LMR: 3.5 LER: 2.5	線路 CD: 13.8 LMR: 3.6 LER: 2.7

圖 8

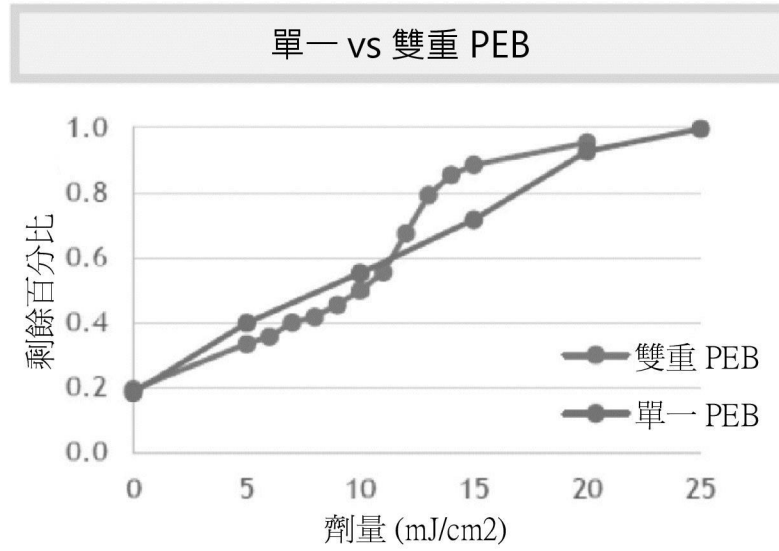


圖 9A

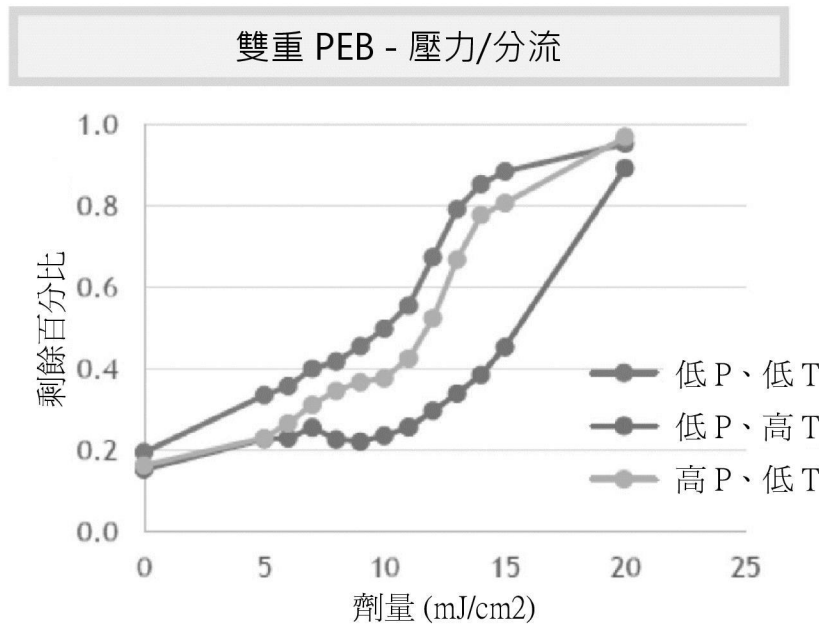


圖 9B

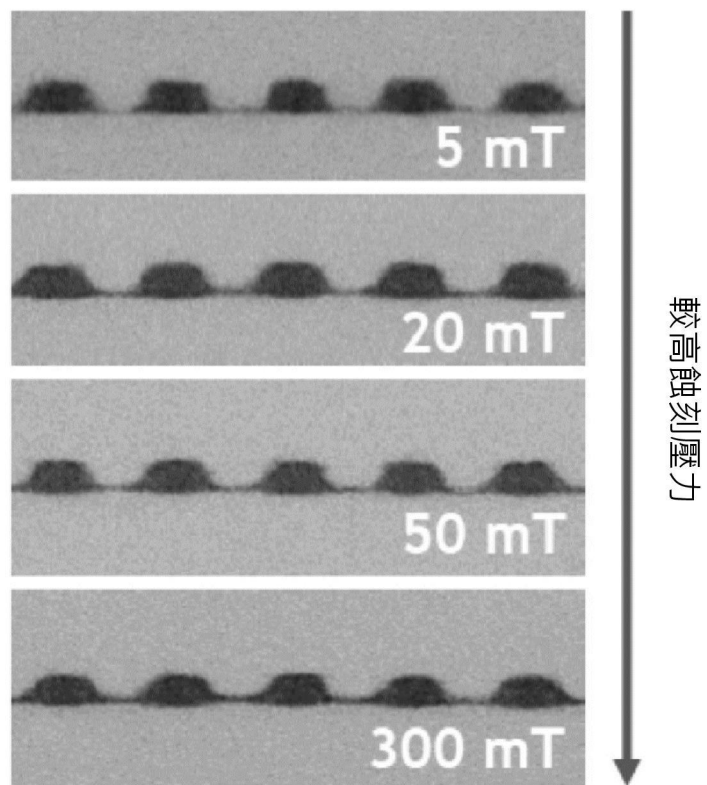


圖 10

PR FT (nm)	15	20	25	30	35	40
劑量	39	43	43	42	46	46
P32						
LnCD/LWR	16.0/3.3	15.7/3.5	15.7/3.4	15.7/3.4	16.1/3.3	15.7/3.3
PR 高度 (nm)	7.8	12.3	15.6	18.5	19.9	22.5

圖 11A

PR FT (nm)	15	20	25	30	35	40
劑量	41	41	40	42	44	49
P26						
LnCD/LWR	13.0/3.1	12.8/3.3	13.0/3.4	13.1/3.3	13.1/3.5	*
PR 高度 (nm)	7.9	12.2	15.8	18.3	19.6	22.2

圖 11B

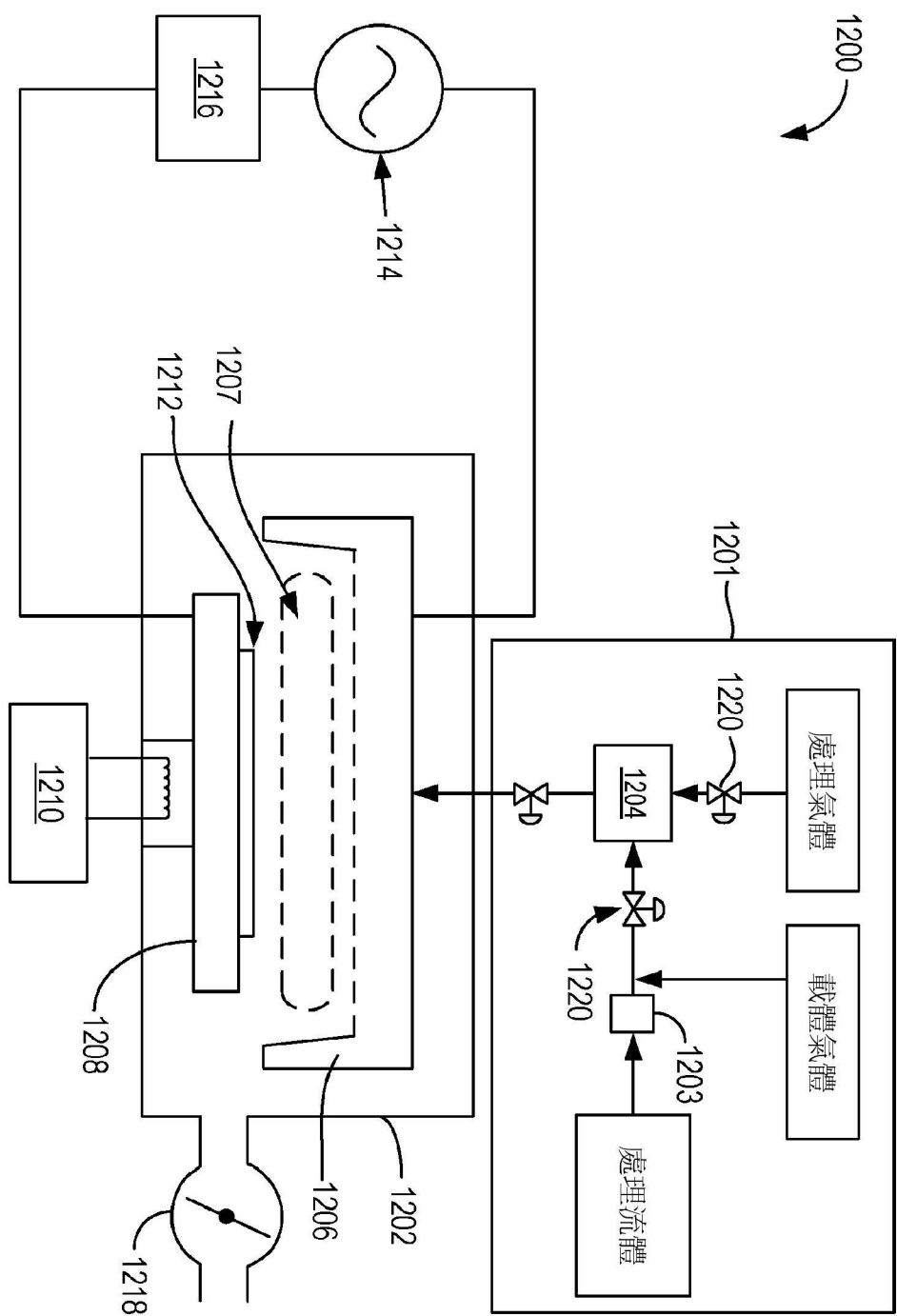


圖 12

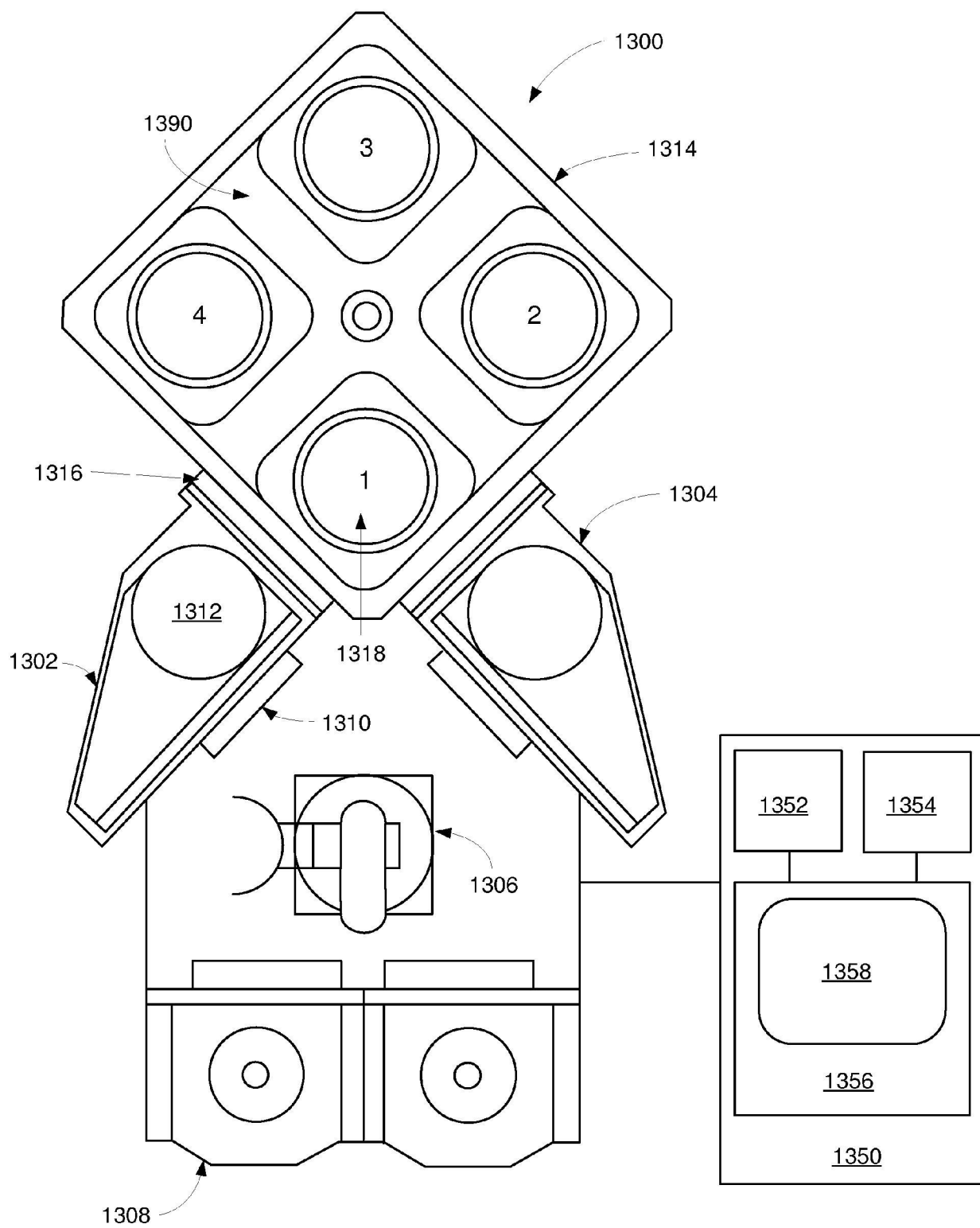


圖 13

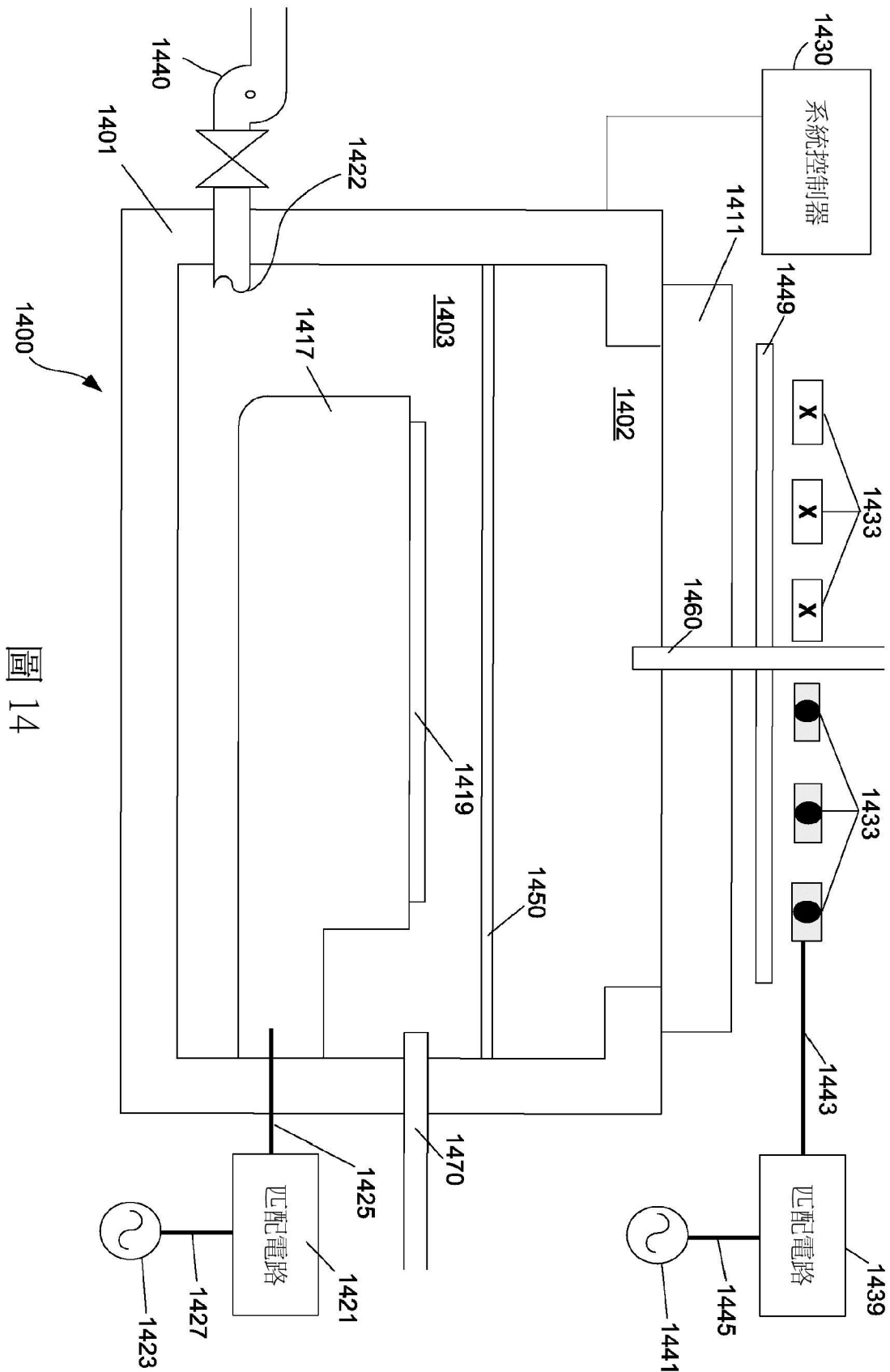


圖 14

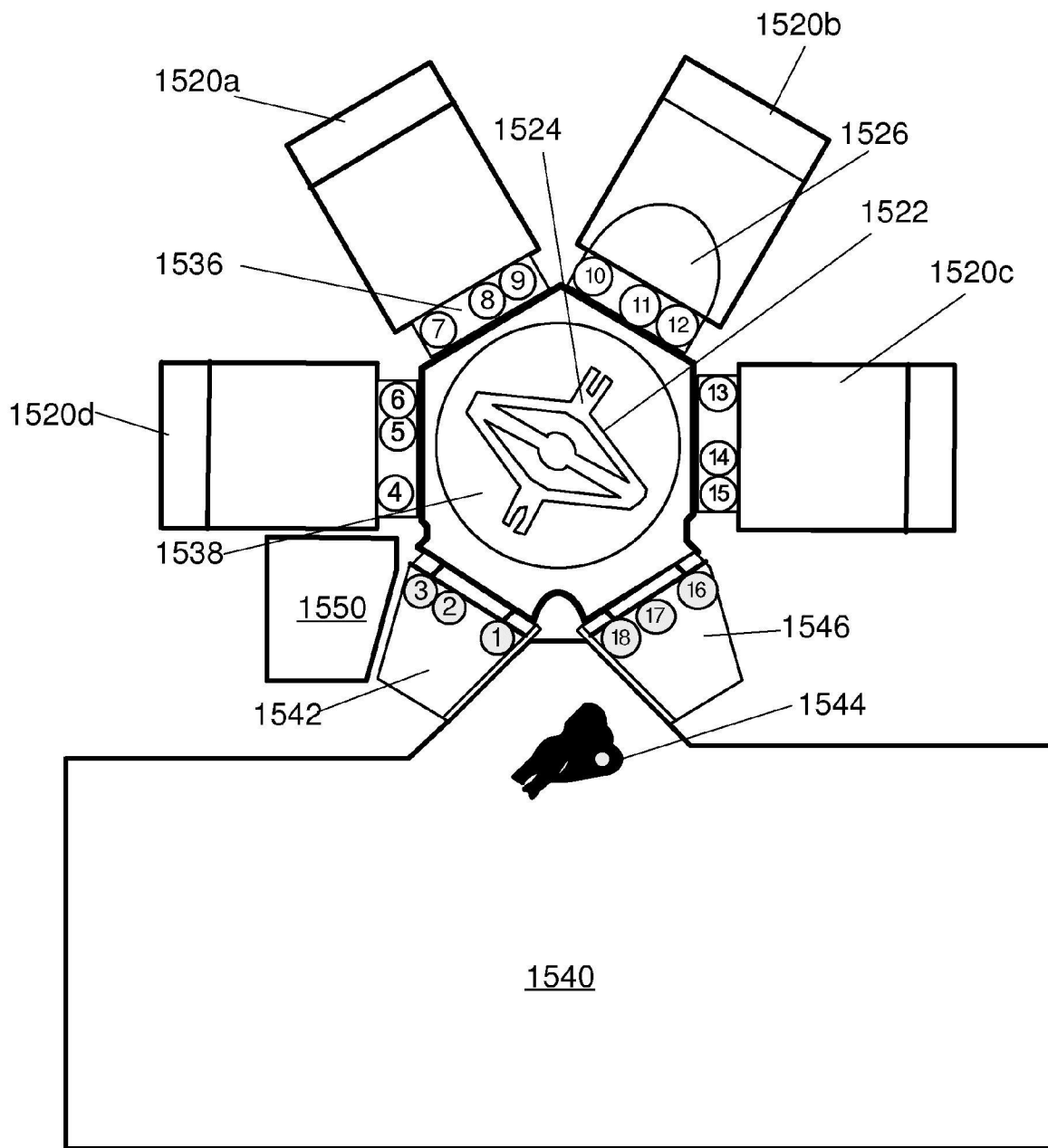


圖 15