



(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 I845595 B

(45) 公告日：中華民國 113 (2024) 年 06 月 21 日

(21) 申請案號：109101027

(22) 申請日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 13 日

(51) Int. Cl. : C23F4/00 (2006.01)

H01L21/67 (2006.01)

H01L21/3213(2006.01)

(30) 優先權：2019/01/15 美國

62/792,519

2019/04/12 美國

62/832,932

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

美國

(72) 發明人：張賀 ZHANG, HE (CN)；金允聖 KIM, YUNSANG (US)；彭東羽 PAENG, DONG

WOO (KR)

(74) 代理人：許峻榮

(56) 參考文獻：

US 2018/0182634A1

US 2018/0218915A1

審查人員：賴佩琪

申請專利範圍項數：37 項 圖式數：19 共 84 頁

(54) 名稱

利用無金屬配體的金屬原子層蝕刻及沉積設備和處理

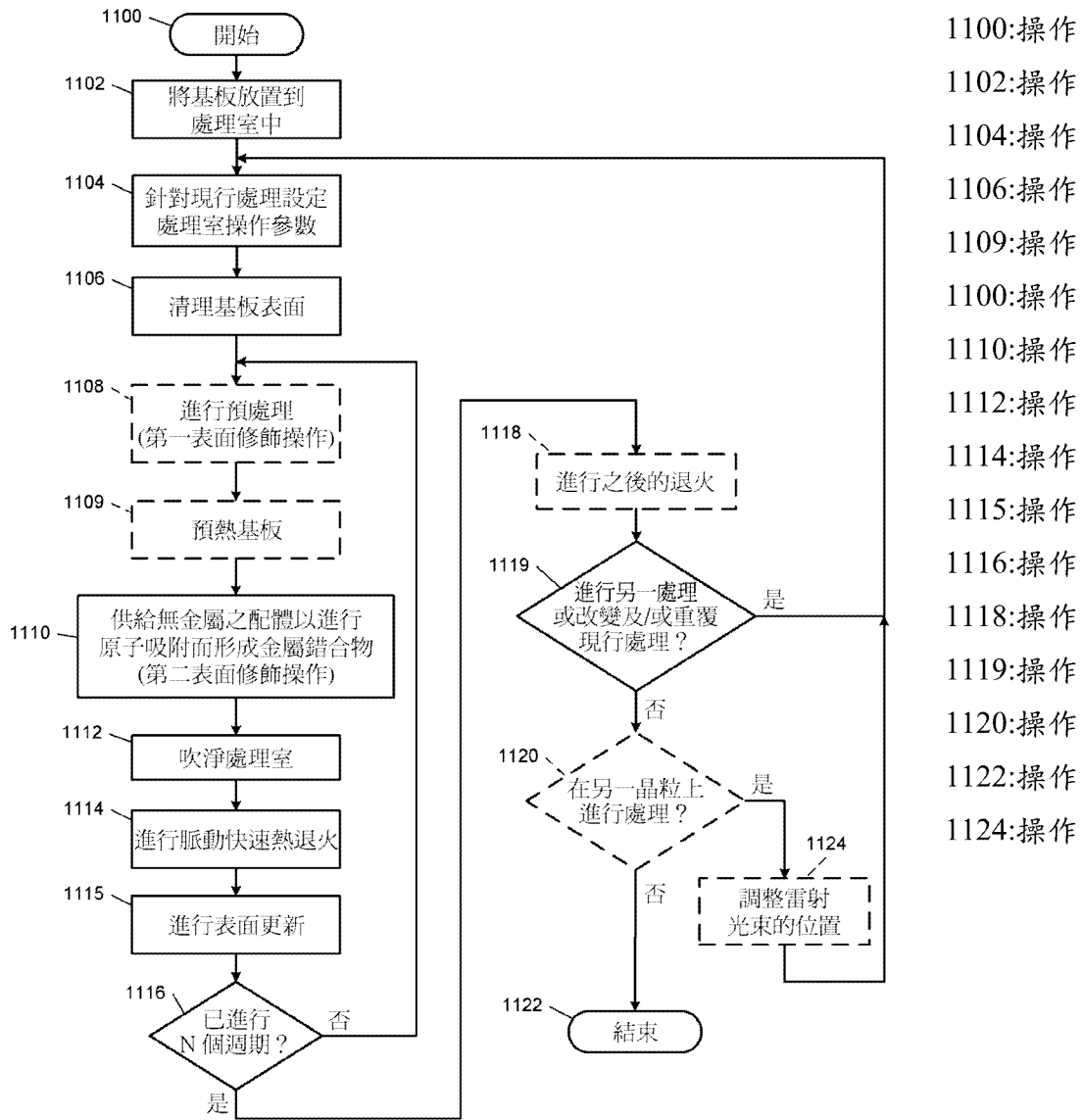
(57) 摘要

一種進行金屬 ALE 處理蝕刻基板表面用的 ALE 系統包含一處理室、一基板支撐件、一熱源、一輸送系統、及一控制器。該基板支撐件係設置於該處理室中且係用以支撐該基板。該輸送系統係用以將一配體或一有機物種供給至該處理室。該控制器控制該輸送系統與該熱源以進行一等向性金屬 ALE 處理，該等向性金屬 ALE 處理包含：在該等向性金屬 ALE 處理的一重覆期間，進行原子吸附與脈動熱退火；在該原子吸附期間，將該表面暴露至該配體或該有機物種，其中該配體或該有機物種並無金屬前驅物且係選擇性地吸附以在該基板表面中形成一金屬錯合物；及在該脈動熱退火期間，脈動該熱源使其開關數次以自該基板移除該金屬錯合物。

An ALE system for performing a metal ALE process to etch a surface of a substrate includes a processing chamber, a substrate support, a heat source, a delivery system, and a controller. The substrate support is disposed in the processing chamber and supports the substrate. The delivery system supplies a ligand or organic species to the processing chamber. The controller controls the delivery system and the heat source to perform an isotropic metal ALE process that includes: during an iteration of the isotropic metal ALE process, performing atomistic adsorption and pulsed thermal annealing; during the atomistic adsorption, exposing the surface to the ligand or organic species, where the ligand or organic species is void of a metal precursor and is selectively adsorbed to form a metal complex in the surface; and during the pulsed thermal annealing, pulsing the heat source multiple times to remove the metal complex from the substrate.

指定代表圖：

符號簡單說明：



- 1100:操作
- 1102:操作
- 1104:操作
- 1106:操作
- 1109:操作
- 1100:操作
- 1110:操作
- 1112:操作
- 1114:操作
- 1115:操作
- 1116:操作
- 1118:操作
- 1119:操作
- 1120:操作
- 1122:操作
- 1124:操作

圖 11

I845595

【發明摘要】

【中文發明名稱】 利用無金屬配體的金屬原子層蝕刻及沉積設備和處理

【英文發明名稱】 METAL ATOMIC LAYER ETCH AND DEPOSITION

APPARATUSES AND PROCESSES WITH METAL-FREE LIGANDS

【中文】一種進行金屬ALE處理蝕刻基板表面用的ALE系統包含一處理室、一基板支撐件、一熱源、一輸送系統、及一控制器。該基板支撐件係設置於該處理室中且係用以支撐該基板。該輸送系統係用以將一配體或一有機物種供給至該處理室。該控制器控制該輸送系統與該熱源以進行一等向性金屬ALE處理，該等向性金屬ALE處理包含：在該等向性金屬ALE處理的一重覆期間，進行原子吸附與脈動熱退火；在該原子吸附期間，將該表面暴露至該配體或該有機物種，其中該配體或該有機物種並無金屬前驅物且係選擇性地吸附以在該基板表面中形成一金屬錯合物；及在該脈動熱退火期間，脈動該熱源使其開關數次以自該基板移除該金屬錯合物。

【英文】 An ALE system for performing a metal ALE process to etch a surface of a substrate includes a processing chamber, a substrate support, a heat source, a delivery system, and a controller. The substrate support is disposed in the processing chamber and supports the substrate. The delivery system supplies a ligand or organic species to the processing chamber. The controller controls the delivery system and the heat source to perform an isotropic metal ALE process that includes: during an iteration of the isotropic metal ALE process, performing atomistic adsorption and pulsed thermal annealing; during the atomistic adsorption, exposing the surface to the ligand or organic species, where the ligand or organic species is void of a metal precursor and is

第 1 頁，共 2 頁(發明摘要)

selectively adsorbed to form a metal complex in the surface; and during the pulsed thermal annealing, pulsing the heat source multiple times to remove the metal complex from the substrate.

【指定代表圖】 圖11

【代表圖之符號簡單說明】

1100:操作

1102:操作

1104:操作

1106:操作

1109:操作

1100:操作

1110:操作

1112:操作

1114:操作

1115:操作

1116:操作

1118:操作

1119:操作

1120:操作

1122:操作

1124:操作

【發明說明書】

【中文發明名稱】 利用無金屬配體的金屬原子層蝕刻及沉積設備和處理

【英文發明名稱】 METAL ATOMIC LAYER ETCH AND DEPOSITION

APPARATUSES AND PROCESSES WITH METAL-FREE LIGANDS

【技術領域】

【0001】 [交互參考之相關申請案]本申請案主張2019年4月12日申請之美國專利臨時申請案US 62/832,932及2019年1月15日申請之美國專利臨時申請案US 62/792,519作為優先權母案。將上述申請案之所有內容包含於此作為參考。

【0002】 本發明係關於基板蝕刻與沉積處理，更具體而言，係關於原子層蝕刻與沉積。

【先前技術】

【0003】 此處所提供的背景說明係用以大致上說明本發明之背景。在此背景段落中所提及之本發明人的作品以及在申請時不能算作是先前技術的說明並非為本發明人明示或暗示自認之與本發明相對的先前技術。

【0004】 在基板如半導體晶圓之原子層蝕刻(ALE)期間，每一週期移除基板之一單層。反應物氣體被導入至處理室中以修飾基板表面。例如，在矽(Si)、鍺(Ge)、金屬氧化物(MO_x)的 ALE 期間常使用包含鹵素物種的氣體，以提供已注入鹵素之上層。例如，可導入包含分子氯物種之氣體以將由 Si 所形成的 Si 基板的表面層轉變為氯化矽(SiCl_x)，其中 x 為 1、2、3、或 4。在表面層修飾後，吹淨處理室。使用電漿以移除經修飾之表面層，然後吹淨副產物。

【0005】 在基板之金屬ALE期間，使用金屬前驅物導入金屬配體以修飾基板的金屬氧化物表面。金屬ALE在速度及選擇比上受到限制。在ALE期間使用電

漿可能會造成結構損傷。例如包含磁性隨機存取記憶體(MRAM)裝置的基板可能會受到損傷。金屬ALE亦受限於移除特定類型的金屬。

【發明內容】

【0006】提供一種進行金屬 ALE 處理蝕刻基板表面用的 ALE 系統。該 ALE 系統包含一處理室、一基板支撐件、一第一熱源、一輸送系統、及一控制器。該基板支撐件係設置於該處理室中且係用以支撐該基板。該輸送系統係用以將一配體或一有機物種中的至少一者供給至該處理室。該控制器係用以控制該輸送系統與該第一熱源以進行一等向性金屬 ALE 處理。該等向性金屬 ALE 處理包含：在該等向性金屬 ALE 處理的一重覆期間，進行原子吸附與脈動熱退火；在該原子吸附期間，將該基板表面暴露至該配體或該有機物種中的該至少一者，其中該配體或該有機物種中的該至少一者並無金屬前驅物且係選擇性地吸附以在該基板表面中形成一金屬錯合物；及在該脈動熱退火期間，脈動該第一熱源使其開關數次以自該基板移除該金屬錯合物。

【0007】在其他實施例中，該表面包含一金屬、一金屬氧化物、或一金屬氮化物中的至少一者。在其他實施例中，在該等向性金屬 ALE 處理期間，該基板表面並未被暴露至一金屬前驅物。

【0008】在其他實施例中，該等向性金屬 ALE 處理包含在進行該原子吸附之前，藉由一第二熱源預熱該基板。在其他實施例中，該等向性金屬 ALE 處理包含將該基板預熱至一溫度，該溫度係高於或等於一周遭溫度且低於該金屬錯合物的一沸點溫度。

【0009】在其他實施例中，該等向性金屬 ALE 處理包含在進行該原子吸附之前修飾該表面。在其他實施例中，該修飾該表面包含在不擊發電漿的情況下供給一氣體以與該基板表面反應。在其他實施例中，該修飾該表面包含供給一

氣體與該基板表面反應並擊發電漿。在其他實施例中，該表面包含該金屬且該修飾該表面包含將該金屬轉變為一金屬氧化物或一金屬鹵化物。

【0010】 在其他實施例中，在該原子吸附期間將該基板表面暴露至該配體。該配體為一反應性的自由配體。在其他實施例中，該配體係選自由六氟乙醯丙酮(Hhfac)與乙醯丙酮(Hacac)所構成的族群。在其他實施例中，該配體係選自由分子氯(Cl₂)、乙醇(EtOH)、及有機蒸氣所構成的族群。

【0011】 在其他實施例中，該等向性金屬 ALE 處理包含一第一修飾操作及一第二修飾操作。該原子吸附係對應至該第二修飾操作。該控制器係用以重覆進行該等向性金屬 ALE 處理預定次數。該重覆進行預定次數中的每一重覆包含下列中的至少一者(i)在該第一修飾操作期間供給一不同的化學物種，該不同的化學物種係不同於該等向性金屬 ALE 處理之一前一重覆期間所供給者；或(ii)在該第二修飾操作期間供給一不同的化學物種，該不同的化學物種係不同於該等向性金屬 ALE 處理之一前一重覆期間所供給者。

【0012】 在其他實施例中，提供一種蝕刻基板表面的金屬 ALE 方法。該金屬 ALE 方法包含：將一基板放置到一處理中的一基板支撐件上；藉由一輸送系統將一配體或一有機物種中的至少一者供給至該處理室；及進行一等向性金屬 ALE 處理。該等向性金屬 ALE 處理包含：在該等向性金屬 ALE 處理的一重覆期間，進行原子吸附與脈動熱退火；在該原子吸附期間，將該基板表面暴露至該配體或該有機物種中的該至少一者，其中該配體或該有機物種中的該至少一者並無金屬前驅物且係選擇性地吸附至該基板表面中形成一金屬錯合物；及在該脈動熱退火期間，脈動一熱源使其開關數次以自該基板移除該金屬錯合物。

【0013】 在其他實施例中，該表面包含一金屬、一金屬氧化物、或一金屬氮化物中的至少一者。在其他實施例中，在該等向性金屬 ALE 處理期間，該基板表面並未被暴露至一金屬前驅物。在其他實施例中，該等向性金屬 ALE 處理

包含在進行該原子吸附之前，將該基板預熱至一溫度，該溫度係高於或等於一周遭溫度且低於該金屬錯合物的一沸點溫度。

【0014】在其他實施例中，該等向性金屬 ALE 處理包含在進行該原子吸附之前修飾該表面。在其他實施例中，該修飾該表面包含在不擊發電漿的情況下供給一氣體以與該基板表面反應。在其他實施例中，該修飾該表面包含供給一氣體與該基板表面反應並擊發電漿。在其他實施例中，該表面包含該金屬且該修飾該表面包含將該金屬轉變為一金屬氧化物或一金屬鹵化物。

【0015】在其他實施例中，在該原子吸附期間將該基板表面暴露至該配體且該配體為一反應性的自由配體。在其他實施例中，該配體係選自由六氟乙醯丙酮(Hhfac)與乙醯丙酮(Hacac)所構成的族群。在其他實施例中，該配體為選自由分子氯(Cl₂)、乙醇(EtOH)、及有機蒸氣所構成之族群的一反應性自由配體。

【0016】在其他實施例中，該等向性金屬 ALE 處理包含一第一修飾操作及一第二修飾操作。該原子吸附係對應至該第二修飾操作。重覆進行該等向性金屬 ALE 處理預定次數。該重覆進行預定次數中的每一重覆包含下列中的至少一者(i)在該第一修飾操作期間供給一不同的化學物種，該不同的化學物種係不同於該等向性金屬 ALE 處理之一前一重覆期間所供給者；或(ii)在該第二修飾操作期間供給一不同的化學物種，該不同的化學物種係不同於該等向性金屬 ALE 處理之一前一重覆期間所供給者。

【0017】在其他實施例中，提供一種進行金屬 ALE 處理蝕刻基板表面用的 ALE 系統。該 ALE 系統包含一處理室、一基板支撐件、一熱源、一輸送系統、及一控制器。該基板支撐件係設置於該處理室中且係用以支撐該基板。該熱源係用以加熱該基板支撐件或該處理室中的至少一者。該輸送系統係用以將一配體或一有機物種中的至少一者供給至該處理室。該控制器係用以控制該輸送系統與該熱源以進行一等向性金屬 ALE 處理。該等向性金屬 ALE 處理包含本文中

所述及描述於下的操作。在該等向性金屬 ALE 處理的一重覆期間，修飾該表面及進行原子吸附與熱退火。在該修飾之該表面期間，供給一氣體與該基板表面反應。在該原子吸附期間，將該基板表面暴露至該配體或該有機物種中的該至少一者。該配體或該有機物種中的該至少一者並無金屬前驅物且係選擇性地吸附以在該基板表面中形成一金屬錯合物。在該熱退火期間，活化該熱源以自該基板移除該金屬錯合物。

【0018】 在其他實施例中，該氣體包含氧(O₂)。在其他實施例中，該配體包含氯(Cl₂)。在其他實施例中，該熱退火包含(i)不脈動該熱源、或(ii)脈動該熱源，使其具有經延長之複數脈動，該經延長之複數脈動所具有之複數長度係大於或等於一預定長度。

【0019】 在其他實施例中，提供一種進行金屬 ALE 處理蝕刻基板表面用的 ALE 系統。該 ALE 系統包含一處理室、一基板支撐件、一熱源、一輸送系統、及一控制器。該基板支撐件係設置於該處理室中且係用以支撐該基板。該熱源係用以加熱該基板支撐件或該處理室中的至少一者。該輸送系統係用以將一配體或一有機物種中的至少一者供給至該處理室。該控制器係用以控制該輸送系統與該熱源以進行一選擇性金屬 ALE 處理，該選擇性金屬 ALE 處理包含：在該選擇性金屬 ALE 處理的一重覆期間，修飾該表面及進行原子吸附與脈動熱退火；及在該修飾之該表面期間，供給一氣體與該基板表面的選擇性部分進行反應。該修飾之該表面包含下列之至少一者：(i)偏壓該表面之該選擇性部分、(ii)在低於一預定壓力的一壓力下供給該氣體、或(iii)將該處理室內的一壓力維持在低於該預定壓力。在該原子吸附期間，將該基板表面暴露至該配體或該有機物種中的該至少一者。該配體或該有機物種中的該至少一者並無金屬前驅物且係選擇性地吸附以在該基板表面中形成一金屬錯合物。在該快速熱退火期間，脈動該熱源使其開關數次以自該基板移除該金屬錯合物。

【0020】 在其他實施例中，該氣體包含氧(O₂)或氫(H₂)。在其他實施例中，該配體包含氯(Cl₂)。在其他實施例中，該表面之該部分包含：(i)該基板之一中間層之一孔洞中之一上層之一底部、及(ii)設置在該中間層上之該上層之一上部。在其他實施例中，該表面之該部分不包含設置在該孔洞之一側壁上之該上層之一側壁部。

【0021】 自詳細的說明、申請專利範圍及圖示當可明白本發明之其他應用領域。詳細的說明及特定的實例僅意在說明而非限制本發明之範疇。

【圖式簡單說明】

【0022】 自詳細說明及附圖當更全面地瞭解本發明，其中：

【0023】 圖 1 為根據本發明之基板處理系統之一實例的功能方塊圖，基板處理系統包含用以在金屬 ALE 與金屬原子層沉積(ALD)期間進行快速熱脈動操作的閃光燈與快速熱脈動控制器；

【0024】 圖 2 為根據本發明之基板處理系統之一實例的功能方塊圖，基板處理系統包含用以在金屬 ALE 與金屬 ALD 期間進行快速熱脈動操作的雷射、透鏡電路、及快速熱脈動控制器；

【0025】 圖 3 為被包含於圖 2 之透鏡電路中之鏡與遠心透鏡組件的側橫剖面圖；

【0026】 圖 4 為根據本發明之金屬 ALE 處理圖；

【0027】 圖 5A 之圖例示根據本發明之用以移除部分金屬層之快速熱脈動週期；

【0028】 圖 5B 之圖例示根據本發明之快速熱脈動週期之反應速率變化對溫度的關係；

【0029】圖 6 為根據本發明之在導入六氟乙醯丙酮(Hhfac)或分子氯(Cl₂)時，不同氧化劑之蝕刻率的第一實例圖；

【0030】圖 7 為根據本發明之一金屬 ALE 處理之不同氧化劑之蝕刻率的第二實例圖；

【0031】圖 8 為根據本發明之一實施例之使用不同氧化劑之氧濃度位準對氧化深度的實例圖；

【0032】圖 9 為為根據本發明實施例之導入氧化劑之不同模式之例示性蝕刻深度選擇比圖；

【0033】圖 10 例示為了移除部分之金屬層而反覆進行快速熱脈動週期；

【0034】圖 11 例示根據本發明之金屬 ALE 方法；

【0035】圖 12 為根據本發明之一實施例之包含聲光調制器之基板處理系統之一實例的功能方塊圖；

【0036】圖 13 為根據本發明之一實施例之鏡與基板的側視圖，其例示入射角；

【0037】圖 14 為根據本發明之一實施例之包含光束折疊組件之基板處理系統之一實例的功能方塊圖；

【0038】圖 15 為根據本發明之一實施例之基板處理系統之一實例的功能方塊圖，基板處理系統包含將圓形轉變為線之光束成形光學裝置及鏡或多角掃描器中的至少一者；

【0039】圖 16 為根據本發明之一實施例之圓形光束與線光束的橫剖面圖；

【0040】圖 17 例示根據本發明之一實施例之使用非快速熱脈動及/或非脈動熱退火的金屬 ALE 方法；

【0041】圖 18 例示根據本發明之一實施例之後段(BEOL)金屬阻障層 ALE 方法；

【0042】圖 19A 為根據本發明之一實施例之形成有通孔之基板之部分橫剖面圖；

【0043】圖 19B 為使用圖 18 之 BEOL 金屬阻障層 ALE 方法在移除部分上層後，圖 19A 之基板的部分橫剖面圖；及

【0044】圖 19C 為在填充孔洞而形成通孔後，圖 19A 之基板的部分橫剖面圖。

【0045】在圖示中，可重覆使用參數標號以識別類似及/或相同的元件。

【實施方式】

【0046】傳統金屬 ALE(有時稱為「熱 ALE」)在速度、蝕刻率、表面吸附覆蓋率、選擇比、及自基板移除特定金屬上受到限制。傳統金屬 ALE 處理通常包含預熱基板及導入金屬前驅物與配體以修飾基板的金屬氧化物表面。導入金屬前驅物可能會導致基板的金屬污染。此外，進行表面修飾可能會導致表面金屬具有低揮發性，這會不利地影響移除效率。是以，傳統金屬 ALE 處理具有低蝕刻率(如 $0.1\text{\AA}/\text{週期}$)。又，配體可在介於 $300\text{-}400^{\circ}\text{C}$ 之間的溫度處導入。在此些溫度處，經吸附之配體的量很低。

【0047】文中所列之實例包利用有機蒸氣作為配位體而不使用金屬前驅物進行金屬 ALE 處理以提供金屬錯合物層。有機蒸氣係於低溫(如低於金屬錯合物層之沸點之溫度)處導入，這能增加吸附之有機蒸氣的量。使用脈動熱加熱移除金屬錯合物層。

【0048】ALE 處理使配體能在低溫處與基板的表面材料(如金屬氧化物層)反應而產生揮發性材料。利用脈動熱加熱移除揮發性材料。金屬 ALE 處理具有短週期時間、具有深度選擇性、並產生有效的表面修飾與移除。在某些實例中，金屬 ALE 比傳統金屬 ALE 處理快上至 100 倍。金屬 ALE 處理包含在低溫處使

受到暴露之表面沉浸於配位體中。經沉浸之揮發性表面材料被暴露至高溫以避免再沉積(副反應)。

【0049】文中所列舉的實例包含藉由熱源快速增加基板上部及/或外部溫度而進行 RTP 週期的快速熱脈動(RTP)系統。藉著快速加熱上部及/或外部而不加熱基板的基底或大塊部分，基板上部及/或外部能在熱源失活後快速減少溫度。可如下述在數秒內進行複數加熱與冷卻週期。由於 RTP 加熱薄外層，因此能避免熱存積問題。換言之，實質上減少或避免加熱基板的下大塊部。例如可將薄外層的加熱限制至數百奈米。

【0050】 RTP 操作亦能進行先前因對熱存積問題敏感而無法進行的處理。例如，可進行自基板等向性及選擇性移除某些上及/或外材料層。上及/或外材料層可包含薄膜材料，其可包含金屬、金屬氧化物、及/或金屬氮化物。可被蝕刻之金屬的某些實例為鉭(Ta)、鈦(Ru)、鎢(W)、鈷(Co)、鉑(Pt)、鋁(Al)、鋇(Ba)、鈣(Ca)、鉻(Cr)、銅(Cu)、鉕(Er)、釹(Nd)、鎳(Ni)、鈀(Pd)、銦(Sr)、錫(Sn)、釷(Y)、鋅(Zn)、鋯(Zr)、鈦(Hf)、及鈦(Ti)。可被蝕刻之金屬氧化物的某些實例為氧化鋁(Al_2O_3)、氧化鈦(HfO_2)、氧化鋯(ZrO_2)、氧化釷(Y_2O_3)、氧化錫(SnO_x)、及氧化鋅(ZnO)。可被蝕刻之金屬氮化物的某些實例為氮化鈦(TiN)、氮化鉭(TaN)、及氮化鋁(AlN)。

【0051】現在參考圖 1，顯示可使用之基板處理系統 100 的實例。雖然基板處理系統 100 包含感應耦合電漿(ICP)源，但可使用其他類型的處理室及/或電漿源(如遠端電漿源)。可選擇性地提供遠端電漿源以使用自由基。另一處理室的實例為連接至另一處理室(或第二室)的遠端電漿源連接室(或第一室)。基板處理系統 100 包含 RTP 系統 106 及處理室 108。處理室 108 包含用以支撐基板 112 的基板支撐件 110。RTP 系統 106 快速及重覆地加熱基板 112 的表面及/或部分。在某些實施例中，基板支撐件 110 包含靜電夾頭或真空夾頭。在某些實施例中，

基板支撐件 110 係受到溫度控制的。例如，基板支撐件 110 可包含可設置在一或多個區域中的流體通道 114 及/或加熱器 116。基板支撐件 110 更可包含電極 118。

【0052】 一或多個感測器 119 如溫度及/或壓力感測器可設置在處理室 108 中以分別感測溫度及/或壓力。可使用閥件 122 與泵浦 124 以控制處理室 108 內的壓力及/或自處理室 108 排放反應物。

【0053】 RTP 系統 106 包含進行基板 112 之快速熱退火的熱源 126。其包含藉由閃光燈 128 的 RTP。雷射系之另一 RTP 系統的實例係顯示於圖 2 中。窗組件 130 可被設置於熱源 126 與處理室 108 之間。窗組件 130 包含第一(或介電)窗 132、反射件 134、耦合構件 136、及第二窗 138。第一窗 132 可為石英窗。反射件 134 可由不銹鋼形成且可為錐形以將閃光燈 128 所產生的熱能導向基板 112。第二窗 138 可藍寶石窗。耦合構件 136 將反射件 134 連接至處理室 108。在一實施例中並未包含反射件 134 且第一窗 132 係附接至耦合構件 136。閃光燈 128 可為柱形且包含各別的冷卻外套 140，水及/或其他冷卻液體可經由冷卻外套 140 循環以冷卻閃光燈 128。具有複數拋物線反射部件 144 的反射件 142 可設置於第一窗 132 上。反射件 142 可由鋁所形成。閃光燈 128 係分別設置在反射件 142 與第一窗 132 之間的複數拋物線反射部件 144 中。

【0054】 可使用溫度控制系統 150 控制基板支撐件 110 與基板 112 的溫度。溫度控制系統 150 可藉由連接至流體通道 114 之泵浦 154 而控制來自流體源 152 的流體供給。溫度控制系統 150 亦可控制加熱器 116 的操作。溫度控制系統 150 可包含一或多個溫度感測器 156 以感測基板支撐件 110 之一或多個位置或區域的溫度。

【0055】 輸送系統 160 包含一或多個氣體源 164、一或多個閥件 166、一或多個流動控制器 168 及混合歧管 170。輸送系統 160 在預處理、給劑、鈍化、

表面修飾、原子吸附、退火及/或吹淨期間選擇性地將氣體、蒸氣、液體、化學品、電漿氣體混合物、載氣及/或惰性氣體及/或吹淨氣體混合物供給至處理室 108。

【0056】 RF 產生器 120-1 包含 RF 源 123 及匹配網路 125，匹配網路 125 將 RF 功率輸出至圍繞處理室 108 之外壁的線圈 127。RF 產生器 120-1 在處理室 108 中產生磁場而擊發電漿。可使用另一 RF 產生器 120-2 將 RF 偏壓供給至基板支撐件 110 中的電極 118。控制器 180 與一或多個感測器 119、閥件 122 與泵浦 124、溫度控制系統 150、熱源 126、RF 產生器 120-1 及/或 120-2、及輸送系統 160 通訊以控制正在進行的處理。

【0057】 控制器 180 可包含 RTP 控制器 182，RTP 控制器 182 控制電容性放電電路 184 以脈動閃光燈 128。電容性放電電路 184 可自電源 186 接收功率並自 RTP 控制器 182 接收控制訊號。電容性放電電路 184 可在閒置模式時對電容器(由方塊 187 所代表)充電並在自 RTP 控制器 182 接收到放電訊號時使電容器放電。RTP 控制器 182 可在金屬 ALE 及/或金屬 ALD 處理期間進行 RTP 操作。

【0058】 圖 2 顯示包含 RTP 系統 202 之基板處理系統 200 的一實例，RTP 系統 202 包含雷射 204、透鏡電路 206、及具有 RTP 控制器 210 的控制器 208。基板處理系統 200 可以類似於圖 1 之基板處理系統 100 的方式操作，且包含圖 2 未顯示之基板處理系統 100 的部分。基板處理系統 200 包含雷射 204、透鏡電路 206、及控制器 208 而非熱源 126、控制器 180、及電容性放電電路 184。雷射 204 為在 RTP 操作期間可基於自 RTP 控制器 210 所接收之控制訊號而被 RTP 控制器 210 脈動(或調制)的熱源。這可在金屬 ALE 與金屬 ALD 處理期間發生。

【0059】 透鏡電路 206 包含光束成形光學裝置 212、包含第一鏡 214 與第二鏡 216 的電流鏡電路 213、及遠心透鏡組件 218。光束成形光學裝置 212 可包含平頂(或第一光束成形)光學裝置 220 及繞射(或第二光束成形)光學裝置 222。

平頂光學裝置 220 係用以將自雷射 204 所接收之雷射光束(具有高斯分佈)轉變為平頂光束(如 2 公分(cm) x 2 cm 的平頂光束)。雷射光束的溫度輪廓亦為高斯分佈。平頂光學裝置的一實例為「飛輪」光學裝置。

【0060】繞射光學裝置 222 將自平頂光學裝置 220 離開的平頂圓形光束轉變為方形光束。方形光束在基板上具有對應均勻的溫度分佈。這使得暴露至方形光束的基板(如基板 112)上方能有均勻的熱反應及/或蝕刻速率。提供方形光束亦提供其形狀匹配受到加熱之晶粒之形狀的光束。方形光束可均勻地加熱經選定之晶粒的表面或上部。基板 112 可被放置於處理室 108 中的基板支撐件上。

【0061】光束尺寸調整裝置 226 可設置於光束成形光學裝置 212 與第一鏡 214 之間。光束尺寸調整裝置 226 可調整方形光束的尺寸，使其大於或等於基板 112 上之一晶粒的尺寸。可使光束尺寸調整裝置 226 馬達化並包含光束擴張器 227。光束擴張器 227 可進行放大並增加雷射光束的尺寸。

【0062】RTP 控制器 210 及電流鏡電路 113 可操作作為 X-Y 電流計掃描系統。第一鏡 214 可用以使雷射光束沿著第一(或 X)方向橫跨基板 112 的表面。第二鏡 216 可用以使雷射光束沿著第二(或 Y)方向橫跨基板表面。控制器 208 及/或 RTP 控制器 210 可藉由馬達 230、232 移動鏡 214、216。

【0063】遠心透鏡組件 218 可被稱為準直組件且包含一系列平凸透鏡 240、242、244、246。雖然顯示特定數目的平凸透鏡，但應瞭解可包含不同數目之平凸透鏡。平凸透鏡 240、242、244、246 的直徑增加平凸透鏡靠近窗組件 130 的程度，俾使：透鏡 242 的直徑係大於透鏡 240 的直徑；透鏡 244 的直徑係大於透鏡 242 的直徑；及透鏡 246 的直徑係大於透鏡 244 的直徑。平凸透鏡 240、242、244、246 係垂直對準以具有共同中心線 248。平凸透鏡 240、242、244、246 在模子 250 中具有固定的關係。平凸透鏡 240、242、244、246 引導自第二鏡 216

接收到的雷射光束，使其垂直於基板 112 的表面。當雷射光束移動橫跨基板 112 的表面時，遠心透鏡組件 218 使雷射光束維持與基板 112 的表面垂直的關係。

【0064】 例如，雷射 204 所產生的雷射光束可具有 355 nm 的直徑且可每 80 皮秒(ps)脈動。RTP 控制器 210 可移動鏡 214、216 以在基板 112 的表面上進行 150 Hertz (Hz)的掃描。

【0065】 基板處理系統 200 可包含溫度控制系統 150，溫度控制系統 150 可用以控制基板支撐件 110 與基板 112 的溫度。溫度控制系統 150 可包含一或多個溫度感測器 156 以感測基板支撐件 110 之一或多個位置或區域的溫度。

【0066】 圖 3 顯示圖 2 之鏡 214、216 及遠心透鏡組件 218 的側橫剖面圖。所示之鏡 214、216 引導雷射光束 300 通過遠心透鏡組件 218。雷射光束 300 自最小的透鏡 240 至最大的透鏡 246 通過透鏡 240、242、244、246。當雷射光束 300 為圓的且未通過圖 2 之光束成形光學裝置 212 時，雷射光束具有如曲線 302 在基板 112 之像平面 304 或表面上所呈現的高斯分佈。當雷射光束 300 通過光束成形光學裝置 212 時，雷射光束成為方形且具有邊 S 的光點形狀。

【0067】 圖 2 之電流鏡電路 213 提供一系統，此系統包含兩個用以掃描全視野(FOV)的鏡。例如，FOV 可大於 300mm x 300mm。在一實施例中，透鏡 240、242、244、246 共同具有低數值孔徑 (小於預定的數值孔徑)及落在垂直於像平面 304 之一預定範圍內的一聚焦行參數(或光束垂直性參數)。所提供的雷射光束係垂直於像平面但在像平面處無光束扭曲，且同時維持光束均勻性及強度。雷射光束可聚焦在像平面 304 上。在一實施例中，光束點之邊 S 的瞳孔徑或尺寸被限制在 10-12 mm。圖 2 之光束尺寸調整裝置 226 可增加光束點的尺寸俾使 S 為 20-22 mm。

【0068】 顯示凸緣焦距(FFL)與後焦距(BFL)。FFL 可為(i)與(ii)之間的距離，其中(i)為透鏡 246 開始彎曲並向外朝向像平面 304 突出的凸緣 305 及/或點 307

而(ii)為像平面 304。BFL 可代表(i)與(ii)之間的距離，其中(i)為透鏡 246 上最接近像平面 304 的點 309 而(ii)為像平面 304。

【0069】 上述圖 1-3 的實例提供閃光燈實例與雷射光束實例。每預定數之微秒(如 300 μs)可調制(或脈動)閃光燈且每預定數之皮秒(如 80 ps)可調制(或脈動)雷射光束。實例可用於進行依序熱金屬 ALE 或金屬 ALD 處理。例如，可使用 100 μs 脈動的光源提供 1 Hz 週期每平方公分(cm^2)8 焦耳(J)之燈功率。在單一處理室內針對單一配方可進行大於 50 個週期。可進行金屬 ALE 處理，包含等向性原子移除材料。當控制基板溫度而無熱存積問題時可有效地進行此些處理。

【0070】 圖 4 顯示金屬 ALE 處理圖，其例示一金屬 ALE 處理。金屬 ALE 處理包含蝕刻金屬、金屬氧化物、金屬氮化物及/或包含金屬的其他材料。金屬 ALE 處理為無金屬之配位體處理，其包含在不使用金屬前驅物的情況下進行原子吸附。金屬 ALE 處理可包含反覆地進行：(i)第一表面修飾(或預處理)操作；(ii)第二表面修飾(或原子吸附)操作，包含無金屬之配位體及/或有機蒸氣；(iii)RTP(或熱移除)操作；及(iv)表面更新(或吹淨)操作。無金屬之配位體的原子吸附操作可在低於因進行表面修飾操作而形成之金屬錯合物材料之沸點的溫度處進行。相較於傳統的連續波(CW)加熱方案，可使用 RTP 以原子方式及等向性方式移除薄膜而不遭遇熱存積問題。在一實施例中，熱脈動持續期間係少於 3 ms 且將基板表面溫度增加至約 500°C 以避免熱存積問題。

【0071】 在預處理(或第一表面修飾操作)期間，可供給分子氧(O_2)電漿、臭氧(O_3)、過氧化氫(H_2O_2)、水蒸氣電漿、分子氫(H_2)電漿、分子氯(Cl_2)電漿、氨(NH_3)電漿、及/或其他氣體。在預處理期間，可提供電漿以修飾基板的表面及/或部分。

【0072】 在第二表面修飾操作期間，導入有機氣體或蒸氣形式之無金屬之配位體。無金屬之配位體可包含反應性的自由配體如六氟乙醯丙酮(Hhfac)、及/

或乙醯丙酮(Hacac)、及/或其他有機氣體、蒸氣、及/或欲吸附至基板之表面及/或部分中的反應物。無金屬之配位體可包含分子氯(Cl₂)、乙醇(EtOH)、或其他有機蒸氣。可使用之配位體的其他實例為 三氟乙酸、乙酸、乙腈、二甲基甲醯胺、四甲基乙二胺、異氰酸第三丁酯、三級丁胺、二甲胺、第三丁醇、及第三丁基硫醇。可使用各種不同的 Hacac，其包含例如具有兩或更多下列者的各種化合物：碳(C)、氟(F)、氫(H)、氧(O)、硫(S)、氮(N)、磷(P)、硒(Se)、及砷(As)元素。可使用之 Hacac 的其他例示性變異物為：乙醯丙酮；三氟乙醯丙酮；六氟乙醯丙酮；二新戊醯甲烷；新戊醯三氟丙酮；二苯甲醯甲烷；4, 4, 4-三氟-1-苯基-1,3-丁二酮；4,4-二氟-1-苯基-1,3-丁二酮；4,4,4-三氟-1-(2-噻吩基)-1,3-丁二酮；及 4,4,4-三氟-1-(2-呋喃基)-1,3-丁二酮。

【0073】 受到原子吸附之基板部分可由金屬、金屬氧化物、或金屬氮化物所形成。可被蝕刻之金屬的部分實例為鉭(Ta)、鈦(Ru)、鎢(W)、鈷(Co)、鉑(Pt)、鋁(Al)、鋇(Ba)、鈣(Ca)、鉻(Cr)、銅(Cu)、鉕(Er)、釹(Nd)、鎳(Ni)、鈀(Pd)、銦(Sr)、錫(Sn)、釷(Y)、鋅(Zn)、鋯(Zr)、鈦(Hf)、及鈦(Ti)。可被蝕刻之金屬氧化物(MO_x)的部分實例為氧化鋁(Al₂O₃)、氧化鈦(HfO₂)、氧化鋯(ArO₂)、氧化釷(Y₂O₃)、氧化錫(SnO_x)、及氧化鋅(ZnO)。可被蝕刻之金屬氮化物的部分實例為氮化鈦(TiN)、氮化鉭(TaN)、及氮化鋁(AlN)。

【0074】 在原子吸附之後，受到移除的部分可為金屬錯合物，例如包含：金屬與配體、水、氫、三甲基矽基氯、及/或其他揮發性並受到修飾的材料及/或物質。

【0075】 在一實施例中，進行預定數目之週期以移除基板之一或多膜層之預定量。例如，金屬 ALE 處理的每一週期可移除基板最上部的一單層。在快速熱操作期間，可使用如圖 1-2 所示及/或下面所述的閃光燈組件或雷射。

【0076】在表面更新操作期間可冷卻基板。表面更新操作可包含導入氬(Ar)氣。在一實施例中，提供主動冷卻以低溫冷卻基板。這能縮短冷卻基板的時間且能在較短的時間期間內進行更多的週期。主動冷卻提供快速的恢復且不會負面地影響基板的基底(或大塊)部分。

【0077】圖 5A 顯示隨著時間的例示性溫度輪廓，其顯示例示性的快速熱脈動。在圖 5A 中，例示低溫脈動與高溫脈動。快速熱脈動在獨立操作期間提供隔離加熱，以改善低溫處的吸附。這能在 ALE 處理的對應部分期間控制基板的表面溫度。可基於表面修飾深度調制在快速熱脈動期間的蝕刻率。

【0078】例如，可提供低溫脈動，每週期將基板之一部分的溫度增加至 80°C。高溫脈動可在每週期將基板之一部分的溫度增加至 600°C。在一實施例中，低溫脈動每週期將基板之一部分的溫度增加至 20-80°C。在一實施例中，高溫脈動將基板之一部分的溫度增加至 100-600°C。在另一實施例中，不提供低溫脈動。在低溫脈動及/或高溫脈動的每一連續脈動對之間，受到加熱之基板部分例如被冷卻至一基準溫度(如 20°C)。可提供複數低溫及/或高溫脈動且在一預定數的秒數(如所示之 x 秒)內於脈動的連續脈動之間可冷卻受到加熱之基板部分。例如，在 3-10 秒的長期間內可提供複數低溫脈動與高溫脈動。

【0079】文中所述之 RTP 能加熱及控制基板表面溫度。以受到控制且可調整之方式將加熱提供至基板之預定深度並同時提供原子反應控制。這可藉著控制所產生之光(如閃光燈或雷射)脈動之數目、長度、強度、及頻率來達到。在一實施例中，提供一系列高溫脈動。在其他實施例中，提供一系列低溫脈動。在另一實施例中，提供低溫與高溫脈動的組合並控制脈動的長度、強度(或功率位準)、及頻率，以提供橫跨基板之表面之至少一部分的溫度深度輪廓。藉著具有如圖 1 之實施例中的複數閃光燈，可藉著以不同方式操作閃光燈而產生不同溫度區域。例如，可操作閃光燈的第一或多者以提供具有第一組一或多個期間、

一或多個強度位準(或功率位準)、及一或多個頻率的第一系列脈動，可操作閃光燈的第二或多者以提供具有第二組一或多個期間、一或多個強度位準(或功率位準)、及一或多個頻率的第二系列脈動。

【0080】圖 5B 顯示類似於圖 5A 中所示之快速熱脈動之反應速率對溫度的關係。顯示例示性的吸附曲線 500 與例示性的吸附(或蝕刻)曲線 502。例如，在無金屬配位體的原子吸附期間，對應金屬層可接收低溫脈動及/或可冷卻。顯示針對低溫脈動之一例示性持續時間 T1，其可少於 1 秒。T1 可為低溫脈動的持續時間。顯示針對高溫脈動之一例示性持續時間 T2，其可少於 1 毫秒。T2 可為高溫脈動的持續時間。表面溫度可快速地在低溫與高溫之間改變(如當加熱少於 1 毫秒且當卻少於 1 秒時)。

【0081】針對具有氮化鈦(TiN)之上物理汽相沉積(PVD)層的基板提供圖 6-7 之下列實例。圖 6 顯示根據一金屬 ALE 處理當導入六氟乙醯丙酮(Hhfac)或分子氯(Cl₂)時，不同氧化劑之蝕刻率的第一實例圖。分別針對下列者顯示三個例示性的蝕刻範圍：臭氧(O₃)與配位體六氟乙醯丙酮；(Hhfac)；過氧化氫(H₂O₂)與氯；氧(O₂)電漿與六氟乙醯丙酮(Hhfac)。此圖例示可基於所選擇之氧化劑的類型而控制蝕率。在一實施例中，蝕刻主要係受到控制導入氧化劑所提供之氧化深度所控制。如所示，當為了更高蝕刻率而使用 Hhfac 時，導入氧(O₂)可提供更深的氧化。

【0082】圖 7 顯示根據一金屬 ALE 處理，不同氧化劑之蝕刻率的第二實例。圖 7 為另一實例，可基於所使用之氧化劑的類型控制蝕刻率。分別針對下列者顯示三個例示性的蝕刻範圍：臭氧(O₃)與配位體六氟乙醯丙酮(Hhfac)；過氧化氫(H₂O₂)與配位體六氟乙醯丙酮(Hhfac)；氯；分子氧(O₂)電漿與六氟乙醯丙酮(Hhfac)。三個例示性蝕刻範圍皆使用相同的配位體但使用不同的氧化劑預處理。與圖 7 相關之基板的溫度係不同於與圖 7 相關之基板的溫度。溫度為可加以調整

而改變蝕刻率之數個參數中的一者。亦可藉著調整在快速熱退火期間所用的 RTP 能量位準來調整蝕刻率。

【0083】 圖 8 顯示如在圖 4 之金屬 ALE 處理及圖 11 之方法中所進行之預處理之氧濃度位準對氧化深度的例示圖。圖 8 顯示：曲線 800 係針對因暴露至室內空氣而有一點原生氧化物之基板之尚未處理的氮化鈦(TiN)層，室內空氣包含少量百分比的氧；4 條曲線 802 係針對臭氧(O₃)，其中 4 條曲線中的每一者係關於不同的加熱量；2 條曲線 804 係針對過氧化氫(H₂O₂)，其中 2 條曲線中的每一者係關於不同的加熱量；及 3 條曲線 806 係針對分子氧(O₂)電漿，其中 3 條曲線中的每一者係關於不同的加熱量。如所示，亦可藉由控制所用之氧化劑，選擇性地控制氧吸附的量及/或深度。藉著調整氧化深度，亦調整蝕刻率。蝕刻率係與氧化深度相關。當氧化深度增加時，蝕刻率亦增加。在所示的實例中，過氧化氫(H₂O₂)的氧化深度係小於臭氧(O₃)的氧化深度，臭氧(O₃)的氧化深度係小於分子氧(O₂)電漿的氧化深度。又，加熱(或預熱)愈多，則基板溫度愈高且氧化愈深。溫度係介於周遭溫度與 200°C 之間。如曲線所示，氧濃度增加至峰值，然後隨著深度增加而減少。

【0084】 圖 9 顯示所導入之氧化劑之不同模式的例示性蝕刻深度選擇比。可導入氧化劑的不同模式以控制蝕刻深度與蝕刻率。可進行圖 4 之金屬 ALE 處理的多個週期，其中每一週期包含導入一或多種表面修飾材料以進行表面修飾。針對欲蝕刻之不同材料顯示兩列不同模式作為實例。第一列提供能使用 RTP 蝕刻對應材料的例示性模式。第二列提供使用 RTP 針對對應材料無法進行蝕刻的例示性模式。實例圖亦包含受到蝕刻之四種材料的四行，第一材料包含氮化鈦 TiN、第二材料包含鈦 Ru、第三材料包含鎢 W、而第四材料包含鉭 Ta。

【0085】 列與行提供格胞，每一格胞包含特定順序之 0、1、2、或 3 符號。符號包含圓形、方形、及三角形。圓形代表導入分子氧(O₂)電漿與配體 Hhfac，

然後進行閃光燈加熱。三角形代表導入臭氧 O₃ 氣體，然後進行閃光燈加熱。方形代表導入分子氧(O₂)電漿與分子氯(Cl₂)，然後進行閃光燈加熱。雖然圖 9 顯示使用特定氣體、電漿、及配位體，但可使用文中所揭露之任何類型的氣體、電漿、配位體、及/或其他有機氣體及/或蒸氣。類似地，雖然顯示特定類型的加熱及特定週期的特定模式，但可以各種順序進行文中所揭露之其他類型的加熱及任何數目之週期。

【0086】 圖 10 之圖例示重覆進行快速熱脈動週期以自基板之一部分移除部分金屬層。顯示膜層之堆疊 1000，其中每一週期自堆疊移除部分。圖 10 僅為例示目的顯示。雖然顯示上層受到修飾與移除，但亦可能移除上層的側邊。當遮罩設置在金屬層上時，可在不修飾及移除上層的情況下修飾及移除金屬層的側邊。膜層的堆疊 1000 包含上金屬層 1002 及基底層 1004，基底層 1004 可包含一或多層膜層。上金屬層 1002 包含經修飾之表面層(或上單層)1006，經修飾之表面層 1006 包含如文中所述欲利用 RTP 移除而已受到修飾之金屬、金屬氧化物、或金屬氮化物。在對應 RTP 處理的每一週期期間移除經修飾之表面層 1006。例如，在第一週期期間，自金屬層 1002 移除經修飾之表面層 1006 以提供金屬層 1002'。在第二週期期間，自金屬層 1002' 移除經修飾之表面層 1006 以提供金屬層 1002''。

【0087】 本文中所揭露之系統可利用各種方法操作，例示性方法係顯示於圖 11、17、及 18 中。圖 11 顯示文中所述使用 RTP 的金屬 ALE 方法。金屬 ALE 方法可包含反覆進行圖 4 之金屬 ALE 處理，其中每一重覆被稱為一個週期。雖然下面的操作係主要針對圖 1-2 及 4 加以說明，但可輕易地將操作應用至本發明的其他實施例。操作可重覆進行。一現行週期可不進行或省略圖 11 中以虛線顯示的某些操作。

【0088】方法可始於 1100。在 1102 處，將基板(如圖 1 與 2 之基板 112 及/或直徑 300mm 的基板)放置在處理室中。在 1104 處，設定處理室操作參數如基板支撐件溫度、處理室壓力、RF 功率、偏壓功率位準、及氣體流率。在操作 1104 期間，可決定在下面之操作 1108、1110 期間欲導入之氣體、蒸氣、液體、配位體、有機蒸氣等的類型。在操作 1104 期間，亦可決定在操作 1108、1110 期間欲導入之氣體、蒸氣、液體、配位體、有機蒸氣等的體積、流率、及/或壓力。亦可選擇操作 1114 用的能量位準。可選擇及/或調整所述之操作參數以調整正在進行之金屬 ALE 處理之每一週期的蝕刻率。蝕刻率為可調制的。在一實施例中，選擇用以進行表面修飾操作之氣體、蒸氣、液體、電漿、及/或化學品，及決定氣體、蒸氣、液體、電漿及/或化學品之流動的對應的體積、量、壓力、流率、開始與結束、及/或期間。這可包含期間：流動停止的期間；基板被暴露至一或多種氣體、蒸氣、液體、電漿、及/或化學品的期間；吹淨時間；及/或其他相關的時序。亦可決定溫度位準與 RTP 能量位準以及對應的時序。可針對正在進行的每一週期判斷所述的資訊。

【0089】在 1106 處，清理基板表面。例如，基板可包含設置在基底層上的上(或上部)層。上層可包含或由下列者所構成：金屬、金屬氧化物、或金屬氮化物。可清理上層的上表面。

【0090】在 1108 處，進行預處理，包含將基板的一或多個表面及/或膜層(包含金屬、金屬氧化物、或金屬氮化物)暴露至例如分子氧(O₂)電漿、臭氧(O₃)、過氧化氫(H₂O₂)、水蒸氣電漿、氫(H₂)電漿、分子氯(Cl₂)電漿、肼(N₂H₄)、氨(NH₃)電漿、及/或其他氣體。表面修飾可包含非電漿處理如化學品、過氧化氫(H₂O₂)蒸氣、水(H₂O)蒸氣、肼(N₂H₄)、及/或其他化學反應物的流動。在另一實施例中，表面修飾包含電漿處理如分子氧(O₂)電漿、分子氫(H₂)電漿、氨(NH₃)電漿、水(H₂O)電漿、及/或其他電漿的流動。例如，這可包含供給 O₂ 電漿以將錫(Ti³⁺)轉

變為 $\text{TiO}_2(\text{Ti}^{4+})$ ，這可發生在室溫或其他溫度處。操可進行操作 1108，將金屬轉變為金屬氧化物或金屬鹵化物。可為了去氯化及表面活化而進行此操作。例如，將導入氫(H_2)氣體或氨(NH_3)氣體物種的電漿氣體混合物供給至處理室。在一實施例中，在無電漿的情況下利用具有預先選擇之化學品的氣體進行表面修飾。

【0091】 在 1109 處，選擇性地預熱基板。這可包含如上所述增加基板支撐件及/或基板的溫度及/或增加對應處理室內的溫度。例如，可將基板、基板支撐件、及/或處理室內部的溫度增加至預定的溫度(如 200°C)。在一實施例中，並未進行操作 1109 且基板係維持於室溫處。在一實施例中，基板、基板支撐件、及/或處理室內部係處於一溫度，此溫度係高於或等於室溫且低於因進行下列操作 1110 所形成之金屬錯合物之沸點。

【0092】 在 1110 處，進行原子吸附，包含導入一或多種無配位體的反應物如六氟乙醯丙酮 Hhfac 及/或乙醯丙酮 Hacac 及/或導入一或多種其他有機氣體、蒸氣、及/或欲吸附至基板中的反應物。無金屬之配位體可包含分子氯(Cl_2)、乙醇(EtOH)、及/或其他有機蒸氣。在一實施例中，無金屬之配位體為 Cl_2 。此操作包含將基板在 1108 處受到修飾的一或多個上及/或外表面/膜層轉變為具有金屬錯合物的膜層。操作 1110 可發生在例如高於或等於室溫(或周遭溫度)且低於金屬錯合物之沸點的溫度處。可基於受到蝕刻之金屬、金屬氧化物、及/或金屬氮化物、進行之預處理、受到蝕刻之表面/膜層的溫度、蝕刻用之能量位準等選擇導入的一或多種配位體。這致使精準且高度選擇性的蝕刻，包含具有不同金屬及/或金屬化合物的表面的選擇性蝕刻深度與蝕刻率。

【0093】 在 1112 處，自對應的處理室吹淨氣體。在 1114 處，利用例如閃光燈、雷射、或如文中能快速脈動的其他適合燈具(如紅外線燈具)進行脈動快速熱退火。在一實施例中，使用閃光燈提供預定量的熱能(如 7 焦耳(J)或 11J)。在另一實施例中，使用脈動雷射。

【0094】可重覆進行至少操作 1108-1115，包含調制基板的面或上部的溫度。在單一秒內可調制表面(或上部)溫度複數次。在 1114 處為了脫附/移除的目的進行脈動快速熱退火。這可包含產生一或多個熱能脈動以加熱基板之經修飾部分。可增加溫度以蒸發特定分子。快速熱脈動致能基板表面處的清理反應，自基板釋放金屬錯合物。

【0095】例如，基板可具有欲受到蝕刻之包含氧化鈦的金屬氧化物層。在 1108 處，可進行氯化，包含導入電漿及/或氣體以將 HfO_2 轉變為 HfCl_4 。接著在 1110 處，可導入有機氣體、化合物、及/或配位體如 N, N-二甲基三甲基矽胺 (TMSDMA) 或 Hhfac。在 1114 處，若在 1110 處導入 TMSDMA 等，可移除二甲基金屬(如二甲胺金屬($\text{Hf}(\text{DMA})_4$))及高度揮發性的液體(如三甲基氯矽烷 TMSCl)。若在 1110 處導入 TMSDMA，可移除 $\text{Hf}(\text{DMA})_4$ 及 TMSCl 。二甲基金屬為揮發性的且可用以作為蒸氣前驅物。可進行所述方法，藉著將高沸點金屬鹵化物轉變為揮發性之有機金屬化合物及有機矽化合物(或揮發性液體)，而移除高沸點鹵化物如 HfCl_4 (或金屬氯化物)。在 1114 處，若在 1110 處導入 Hhfac，可移除 $\text{Hf}(\text{hfac})_4$ 及 HCl 。

【0096】又例如，基板可具有欲蝕刻之金屬層或金屬氧化物層如鈦層、或氧化鈦層。在 1108 處可導入氧電漿，接著在 1110 處導入 Hhfac。在 1114 處，可移除 $\text{Hf}(\text{hfac})_4$ 及 H_2O 。

【0097】又更例如，基板可具有欲蝕刻之金屬層或金屬氧化物層如鈦層、或氧化鈦層。在 1108 處可導入氫電漿及選擇性的氧電漿，接著在 1110 處導入 Hhfac。在 1114 處，可移除 $\text{Hf}(\text{hfac})_4$ 、 H_2O 、及 H_2 。

【0098】在進行上述操作時並未產生無機鹽或額外的金屬錯合物。當例如導入金屬前驅物時，可能會產生額外的金屬錯合物。上面的操作不包含導入金

屬前驅物。藉著在表面更新操作如 1115 處導入氫電漿或氧電漿，可輕易清理不完全的有機殘餘物。

【0099】 在操作 1114 期間將基板的基底及/或大塊部分維持在預定溫度或低於預定溫度(如低於或等於 20°C)。RTP 使一處理室組態具有高產量。在單一處理室內可進行複數處理操作。又例如，每一脈動長度可為 0.1 ms 且將基板的表面及/或部分的溫度增加至上至 1000°C。

【0100】 在某些實施例中，每一閃光燈脈動提供 5 J/cm²(即基板每單位面積之能量)至 80 J/cm²。在某些實例中，每一雷射脈動提供 5 mJ/cm² 至 80 mJ/cm²。在某些實施例中，在範圍介於 0.1 ms 至 20 ms 之間的預定期間內進行退火。在一實施例中，使用脈動期間 1ms 的閃光燈或使用脈動期間 1 ps 的雷射將基板之表面或上部自初始溫度加熱至高於 500°C 然後在短於 1 秒(s)內使溫度冷卻回初始溫度。

【0101】 操作 1108、1110、1114 能以在操作 1108 與 1110 期間受到修飾之基板之表面及/或上層的原子移除達成可控制的原子蝕刻。在 1114 處進行的快速加熱在不使用電漿的情況下提供等向性反應。此外，本發明所主張的加熱能快速冷卻，避免熱存積問題。

【0102】 在 1115 處，可藉著以吹淨氣體(如氬(Ar)氣)吹淨處理室而更新基板表面，以進行基板之經修飾部分(複數部分)的離子轟擊與移除。在一實施例中，在所提供之快速熱脈動之一或多個連續脈動對之間吹淨處理室。在一實施例中，在每一連續的脈動對之間自處理室吹淨氣體。這致使在處理室內進行複數電漿及/或氣相處理。在一實施例中，在脈動快速熱退火期間及/或之後提供基板支撐件冷卻，以協助在脈動快速熱退火期間維持基板之基底及/或大塊部分的溫度，並協助進行脈動快速熱退火之後的基板快速冷卻。

【0103】在 1116 處，控制器 180 或 208 及/或快速熱脈動控制器 182 或 210 判斷是否已完成了 N 個週期。若已完成了 N 個週期，進行操作 1118，否則進行操作 1108。在 1118 處，控制器 180 或 210 可選擇性地進行第二(或之後的)退火操作。在 1119 處，控制器 180 或 210 可針對現行的晶粒判斷是否進行另一處理及/或是否改變及/或重覆現行處理。當使用如圖 2 之實施例中所述的雷射與透鏡電路時，若欲進行另一處理，可進行操作 1104，否則可進行操作 1120。若如圖 1 之實施例中使用閃光燈，若不進行另一處理或對現行處理進行改變，則方法可在 1122 處結束。若欲在另一晶粒上進行處理，進行操作 1124，否則方法可在 1122 處結束。

【0104】在 1124 處，控制器 208 移動鏡 214、216 以將雷射光束的成像平面位置改變至基板 112 之不同晶粒上方。例如，可將 2 cm x 2 cm 的雷射光束自第一晶粒上方移動至第二晶粒上方。所述方法可重覆進行以在晶圓上之數十至數百晶粒上方掃描雷射光束。鏡 214、216 的移動可與雷射 204 的脈動重覆速率同步以提供每個晶粒一或多次照射。

【0105】上述操作意在作為例示性實例。取決於應用，可依序、同步、同時、連續、在重疊的時間期間內、或以不同順序進行操作。又，取決於實施例及/或事件的時序，可不進行或省略操作中的任一者。

【0106】雖然說明圖 11 之方法係利用圖 1-2 的系統進行金屬 ALE，但可使用圖 1-2 之系統進行金屬 ALD。可使用熱源如閃光燈與雷射在基板上成長單層。例如，可在沉積操作之前及/或期間提供 RTP，沉積(或成長)而非移除材料。在金屬 ALD 期間可提供不同氣體並將其維持在對應的處理室中以成長單層。

【0107】圖 12 顯示包含 RTP 系統 1202 之基板處理系統 1200 的一實例，RTP 系統 1202 包含雷射 1204、透鏡電路 1206、及具有 RTP 控制器 1210 的控制器 1208。基板處理系統 1200 可以類似於圖 2 之基板處理系統 200 的方式操作。

雷射 1204 為在 RTP 操作期間可基於自 RTP 控制器 1210 所接收之控制訊號而被 RTP 控制器 1210 脈動(或調制)的熱源。這可在金屬 ALE 與金屬 ALD 處理期間發生。

【0108】透鏡電路 1206 包含光束成形光學裝置 1212、包含第一鏡 1214 與第二鏡 1216 的電流鏡電路 1213、及遠心透鏡組件 1218。光束成形光學裝置 1212 可包含平頂(或第一光束成形)光學裝置 1220 及繞射(或第二光束成形)光學裝置 1222。平頂光學裝置 1220 係用以將自雷射 1204 所接收之雷射光束(具有高斯分佈)轉變為平頂光束(如 2 公分(cm) x 2 cm 的平頂光束)。雷射光束的溫度輪廓亦為高斯分佈。繞射光學裝置 1222 將自平頂光學裝置 1220 離開的平頂圓形光束轉變為方形光束。方形光束在基板上具有對應均勻的溫度分佈。基板 112 可被放置於基板支撐件(如圖 1 之基板支撐件 110)上。

【0109】雷射 1204 可在脈動模式或連續波(CW)模式下操作。在脈動模式期間，可將光束成形光學裝置 1212 的輸出直接提供予光束尺寸調整裝置 1226。在脈動模式期間，RTP 控制器 1210 控制雷射光束的脈動速率，俾使脈動期間係落在皮秒或奈秒之範疇內。當雷射 1204 係在 CW 模式下操作時，可包含聲光調制器 1223 且聲光調制器 1223 可由 RTP 控制器 1210 控制。在一實施例中，RTP 控制器 1210 產生射頻(RF)控制訊號，射頻(RF)控制訊號被提供予聲光調制器 1223。提供 RF 控制訊號以控制聲光調制器 1223 之晶體之折射率的變化。晶體之折射率基於 RF 控制訊號之頻率變化。晶體基於 RF 訊號的頻率偏轉自光束成形光學裝置 1212 提供至聲光調制器 1223 的雷射光束。晶體具有雷射遮板的功能，允許或避免雷射光束通至光束尺寸調整裝置 1226 及/或第一鏡 1214。在一實施例中，RTP 控制器 1210 控制 RF 控制訊號的頻率，俾使離開光束成形光學裝置 1212 的連續波雷射光束能有效地被聲光調制器 1223 脈動(調制)。脈動雷射光束，

俾使每一脈動的持續期間係落在微秒或毫秒的範疇內。因此，使用聲光調制器 1223 使脈動雷射光束的產生具有持續較長的脈動，以增加每一脈動之加熱。

【0110】 光束尺寸調整裝置 1226 可設置於光束成形光學裝置 1212 與第一鏡 1214 之間。在一實施例中，光束尺寸調整裝置 1226 調整方形光束的尺寸，使其大於或等於基板 112 上之一晶粒的尺寸。可使光束尺寸調整裝置 1226 馬達化並包含光束擴張器 1227。

【0111】 RTP 控制器 1210 及電流鏡電路 1213 可操作作為 X-Y 電流計掃描系統。第一鏡 1214 可用以使雷射光束沿著第一(或 X)方向橫跨基板 112 的表面。第二鏡 1216 可用以使雷射光束沿著第二(或 Y)方向橫跨基板表面。控制器 1208 及/或 RTP 控制器 1210 可藉由馬達 1230、1232 移動鏡 1214、1216。

【0112】 遠心透鏡組件 1218 可包含一系列平凸透鏡 1240、1242、1244、1246。雖然顯示特定數目的平凸透鏡，但應瞭解可包含不同數目之平凸透鏡。平凸透鏡 1240、1242、1244、1246 的直徑增加平凸透鏡靠近窗組件 130 的程度，俾使：透鏡 1242 的直徑係大於透鏡 1240 的直徑；透鏡 1244 的直徑係大於透鏡 1242 的直徑；及透鏡 1246 的直徑係大於透鏡 1244 的直徑。平凸透鏡 1240、1242、1244、1246 係垂直對準以具有共同中心線 1248。平凸透鏡 1240、1242、1244、1246 在模子 1250 中具有固定的關係。平凸透鏡 1240、1242、1244、1246 引導自第二鏡 1216 接收到的雷射光束，使其垂直於基板 112 的表面。當雷射光束移動橫跨基板 112 的表面時，遠心透鏡組件 1218 使雷射光束維持與基板 112 的表面垂直的關係。

【0113】 例如，離開光束成形光學裝置 1212、聲光調制器 1223、及/或光束尺寸調整裝置 1226 的雷射光束可聚焦在第二鏡 1216 的中心 1252 處，接著雷射光束受引導經過遠心透鏡組件 1218 而被準直並提供至基板 112。使雷射聚焦

在第二鏡(或透鏡)1216 的輸入瞳孔處有助於在基板 112 的面向上表面處提供經準直的光束。

【0114】 例如，雷射 1204 所產生的雷射 1204 可具有 355 nm 的直徑。雷射 1204 可在脈動模式或 CW 模式下操作。光束成形光學裝置 1212、光束尺寸調整裝置 1227、及遠心透鏡組件 1218 可產生 2 公分乘 2 公分的方形光束，方形光束在基板 112 處被接收。RTP 控制器 1210 可移動鏡 1214、1216 以在基板 112 的表面上進行 200 Hz 的掃描。RTP 控制器 1210 在 1 秒的時間期間內可掃描所有的晶粒及/或面向上表面區域(如針對 300mm 直徑的基板，基板有 2.83×10^5 mm 的面向上表面區域)。這可包含在 1 秒內掃描例如基板的 160 個晶粒。掃描包含使雷射光束逐晶粒移動並加熱每一晶粒預定時間(如雷射光束之一或多個脈動的總時間)。

【0115】 基板處理系統 1200 可包含溫度控制系統 150，溫度控制系統 150 可用以控制基板支撐件 110 與基板 112 的溫度。溫度控制系統 150 可包含一或多個溫度感測器 156 以感測基板支撐件 110 之一或多個位置或區域的溫度。

【0116】 如圖 3 所示之遠心透鏡組件的使用可能是昂貴的。可在不用遠心透鏡組件的情況下準直雷射光束。例如且參考圖 3 與 13，可移除圖 3 之遠心透鏡組件 218 並將鏡 216 移離像平面 304 以準直雷射光束。為了準直雷射光束並最小化光線被引導至基板 112 處的角度(或和像平面 304 之垂直方向之間的角度)，最大化鏡 216 與像平面 304 之間的傳輸距離 TD 及/或設定上面的預定的最小距離。若引導光線沿著垂直像平面 304 的方向，則對橫跨基板 112 表面的蝕刻率均勻度存在理想的雷射光束。若引導光線與垂直之間夾一個小預定範圍的角度(如 $90^\circ \pm 3^\circ$)，則雷射光束充分準直而能提供預定之最小均勻度位準以上的表面蝕刻均勻度。為了引導雷射光束的光線俾使光線的角度落在預定範圍內，將距離 TD 設定為大於或等於預定長度(如 3 公尺)。愈大的距離 TD 則愈小的角度，因此可

獲得更準直的雷射光束。圖 13 顯示當：(i)雷射光束被引導至基板 112 中心處時；及(ii)當雷射光束被引導朝向基板 112 之邊緣時。當兩傳輸之間的人射角 1300 減少時，鏡 216 更遠離像平面 304。

【0117】 為了減少鏡 216 之間的距離並同時準直雷射光束，可在鏡 216 與像平面 304 之間設置光束折疊組件。光束折疊組件改善遠心性。其一實例係顯示於圖 14 中。圖 14 顯示包含 RTP 系統 1402 之基板處理系統 1400 的一實例，RTP 系統 1402 包含雷射 1404、透鏡電路 1406、及具有 RTP 控制器 1410 的控制器 1408。基板處理系統 1400 可以類似於圖 2 之基板處理系統 200 及圖 12 之基板處理系統 1200 的方式操作。雷射 1404 為在 RTP 操作期間可基於自 RTP 控制器 1410 所接收之控制訊號而被 RTP 控制器 1410 脈動(或調制)的熱源。這可在 ALE 與 ALD 處理期間發生。

【0118】 透鏡電路 1406 包含光束成形光學裝置 1412、包含第一鏡 1414 與第二鏡 1416 的電流鏡電路 1413、及光束折疊組件 1418。光束成形光學裝置 1412 可包含平頂(或第一光束成形)光學裝置 1420 及繞射(或第二光束成形)光學裝置 1422。平頂光學裝置 1420 係用以將自雷射 1404 所接收之雷射光束(具有高斯分佈)轉變為平頂光束(如 2 公分(cm) x 2 cm 的平頂光束)。雷射光束的溫度輪廓亦為高斯分佈。繞射光學裝置 1422 將自平頂光學裝置 1420 離開的平頂圓形光束轉變為方形光束。方形光束在基板 112 上具有對應均勻的溫度分佈。基板 112 可被放置於處理室 108 中的基板支撐件上。

【0119】 雷射 1404 可在脈動模式或連續波(CW)模式下操作。在脈動模式期間，可將光束成形光學裝置 1412 的輸出直接提供予光束尺寸調整裝置 1426。在脈動模式期間，RTP 控制器 1410 可控制雷射光束的脈動速率，俾使脈動期間係落在皮秒或奈秒之範疇內。當雷射 1404 係在 CW 模式下操作時，可包含聲光調制器 1423 且聲光調制器 1423 可由 RTP 控制器 1410 控制。在一實施例中，RTP

控制器 1410 產生射頻(RF)控制訊號，射頻(RF)控制訊號被提供予聲光調制器 1423。提供 RF 控制訊號以控制聲光調制器 1423 之晶體之折射率的變化。晶體之折射率基於 RF 控制訊號之頻率變化。晶體基於 RF 訊號的頻率偏轉自光束成形光學裝置 1412 提供至聲光調制器 1423 的雷射光束。晶體具有雷射遮板的功能，允許或避免雷射光束通至光束尺寸調整裝置 1426 及/或第一鏡 1414。在一實施例中，RTP 控制器 1410 控制 RF 控制訊號的頻率，俾使離開光束成形光學裝置 1412 的連續波雷射光束能有效地被聲光調制器 1423 脈動(調制)。脈動雷射光束，俾使每一脈動的持續期間係落在微秒或毫秒的範疇內。因此，使用聲光調制器 1423 使脈動雷射光束的產生具有持續較長的脈動，以增加每一脈動之加熱。

【0120】 光束尺寸調整裝置 1426 可設置於光束成形光學裝置 1412 與第一鏡 1414 之間。光束尺寸調整裝置 1426 可調整方形光束的尺寸，使其大於或等於基板 112 上之一晶粒的尺寸。可使光束尺寸調整裝置 1426 馬達化並包含光束擴張器 1427。

【0121】 RTP 控制器 1410 及電流鏡電路 1413 可操作作為 X-Y 電流計掃描系統。第一鏡 1414 可用以使雷射光束沿著第一(或 X)方向橫跨基板 112 的表面。第二鏡 1416 可用以使雷射光束沿著第二(或 Y)方向橫跨基板表面。控制器 1408 及/或 RTP 控制器 1410 可藉由馬達 1430、1432 移動鏡 1414、1416。

【0122】 光束折疊組件 1418 可包含一組鏡，反射接收到的雷射光束。光束折疊組件 1418 可包含任何數目之鏡。例如，顯示 4 個鏡 1452、1454、1456、1458。鏡可具有不同的尺寸、以不同角度設置、被設置於外罩 1459 內的不同位置處。外罩 1459 可具有第一(或輸入)窗 1460 與第二(或輸出)窗 1461，雷射光束通過窗。在所示的實例中，顯示三道雷射光束 1462、1464、1466；每一道雷射光束具有各自的光線。在各別的時間處提供三道雷射光束且藉著移動鏡 1414、1416 而使三道雷射光束至各別位置。可產生任何數目之雷射光束。在一實施例

中，在外罩 1459 中包含電流鏡電路。電流鏡電路 1413 與光束折疊組件 1418 或光束折疊組件 1418 的組合可被為垂直組件。

【0123】 光束折疊組件 1418 增加雷射光束自第二鏡 1416 行進至基板 112 的距離並同時最小化第二鏡 1416 與基板 112 之間的距離。增加的行進距離使雷射光束在基板處被接收之前受到準直。這提供緊實的設計。光束折疊組件 1418 之製造亦比遠心透鏡組件便宜。

【0124】 光束折疊組件 1418 之鏡組的位置與位向能引導自第二鏡 1416 接收的雷射光束垂直(或落在相對於 90°的預定角度內)基板 112 的表面。當雷射光束移動橫跨基板 112 的表面時，光束折疊組件 1418 維持雷射光束與基板 112 之表面的垂直或半垂直關係。

【0125】 例如，離開光束成形光學裝置 1412、聲光調制器 1423、及/或光束尺寸調整裝置 1426 的雷射光束可聚焦在第二鏡 1416 的中心處，接著雷射光束受引導經過光束折疊組件 1418 而被準直並提供至基板 112。使雷射聚焦在第二鏡(或透鏡)1416 的輸入瞳孔處有助於在基板 112 的面向上表面處提供經準直的光束。

【0126】 雷射 1404 所產生的雷射光束可具有 355 nm 的直徑。雷射 1404 可在脈動模式或 CW 模式下操作。光束成形光學裝置 1412、光束尺寸調整裝置 1427、及光束折疊組件 1418 可產生 2 公分乘 2 公分的方形光束，方形光束在基板 112 處被接收。RTP 控制器 1410 可移動鏡 1414、1416 以在基板 112 的表面上進行 200 Hz 的掃描。RTP 控制器 1410 在 1 秒的時間期間內可掃描所有的晶粒及/或面向上表面區域(如針對 300mm 直徑的基板，基板有 2.83×10^5 mm 的面向上表面區域)。這可包含在 1 秒內掃描例如基板的 160 個晶粒。掃描包含使雷射光束逐晶粒移動並加熱每一晶粒預定時間(如雷射光束之一或多個脈動的總時間)。

【0127】 基板處理系統 1400 可包含溫度控制系統 150，溫度控制系統 150 可用以控制基板支撐件 110 與基板 112 的溫度。溫度控制系統 150 可包含一或多個溫度感測器 156 以感測基板支撐件 110 之一或多個位置或區域的溫度。

【0128】 ALD 及 ALE 處理取決於重覆進行第一操作 A 然後進行第二操作 B 並在操作 A 與 B 之間進行泵浦/吹淨操作。無論所用的熱源類型，此皆為真。例如，利用第一氣體可對整個晶圓表面給劑以形成飽和單層。接著自對應的處理室泵抽移除第一氣體之任何殘餘量。接著將整個晶圓表面暴露至第二氣體及/或能量源(例如具有能量的離子或紫外光子)，接著泵抽移除產物(或剩餘)氣體。接著重覆此些操作直到獲得預定的沉積薄膜厚度或達到預定的蝕刻深度。

【0129】 對於雷射系之基板處理而言，雷射光束係聚焦於遠小於基板之面向上表面面積的一面積(如直徑 300mm 的基板具有約 2800 cm²的面向上表面面積)，以將表面加熱至預定的溫度。此外，進行脈動雷射退火的時間量(預定數目之皮秒或奈秒)比進行下列者通常所需的數秒小上幾個階層：(i)對整個晶圓之一或多個上及/或外表面進行給劑、或(ii)自處理室泵抽移除氣體。

【0130】 是以，藉著使用上述之實施例，可將雷射光束聚焦為基板之一晶片(或晶粒)的尺寸，接著使雷射光束在基板表面上方步進並與重新定位雷射光束所涉及的時間量同步脈動。是以，當在一晶片上方時雷射光束係處於 ON 狀態，當雷射光束移動至下一晶片時係處於 OFF 狀態。

【0131】 例如，若一晶片具有 1 cm x 1 cm 的面向上表面積，則所產生之雷射光束的尺寸亦為 1 cm x 1 cm。例如，可針對基板的表面積進行給劑，接著泵抽移除氣體，然後可利用文中所述的一基板處理系統使雷射光束自一晶片步進至下一晶片。雷射光束陸續在複數晶片中之每一晶片上方時可脈動至 ON 狀態。在基板之複數晶片中之每一晶片上方雷射脈動至 ON 狀態之後，接著可再次針對基板給劑，且此處理可重覆進行直到針對每一晶片已達到預定的蝕刻深度或預

定的沉積厚度。在少於 1-3 秒的時間內雷射光束可在基板之所有晶片上方步進，這類似於與氣體給劑及氣體吹淨操作相關的時間量。是以，減少雷射退火時間且基板產量高且不昂貴。這亦減少了雷射的 ON 時間及在基板之晶片上進行退火處理的時間相對於對應給劑與吹淨相關之時間量之間的比值。

【0132】 在一實施例中，雷射的佔空比係與使相關雷射光束自一晶粒轉移至下一晶粒所需的時間同步。例如，若在基板上有 160 個 2 cm 乘 2 cm 的晶粒，則每一雷射脈動之間雷射光束之中心重新定位的距離係些微大於約 2 cm(或晶粒的寬度加上相鄰晶粒之間的間隙)。若在 1 秒的時間內掃描整個基板，則與每一雷射脈動週期相關的時間為 1/160 秒。

【0133】 例如，可針對整個基板給劑、自對應處理室泵抽移除氣體、然後使雷射自一晶粒步進至下一晶粒脈動 ON 狀態陸續完成每一晶粒。接著可再次對基板給劑，重覆處理。這提供快速的退火處理。若雷射退火整個基板表面需要長時間(如 10 分鐘)，則基板產量低且昂貴。藉著在短時間內(如 1 秒)掃描整個基板表面時提供雷射退火處理，則時間瓶頸步驟為基板給劑及氣體吹淨而非雷射退火。

【0134】 圖 15 顯示包含 RTP 系統 1502 之基板處理系統 1500 的一實例，RTP 系統 1502 包含雷射 1504、透鏡電路 1506、及具有 RTP 控制器 1510 的控制器 1508。基板處理系統 1500 可以類似於圖 2 之基板處理系統 200、圖 12 之基板處理系統 1200、及/或圖 14 之基板處理系統 140 的方式操作。雷射 1504 為在 RTP 操作期間可基於自 RTP 控制器 1510 所接收之控制訊號而被 RTP 控制器 210 脈動(或調制)的熱源。這可在 ALE 與 ALD 處理期間發生。

【0135】 透鏡電路 1506 包含光束成形光學裝置 1512 及至少一鏡 1514 與多角掃描器 1516。在一實施例中，包含鏡 1514 但不包含多角掃描器 1516。在另一實施例中，使用鏡 1514 作為多角掃描器 1516 的一側。多角掃描器 1516 可具

有一或多個鏡。在一實施例中，多角掃描器 1516 之每一側表面具有一鏡。在所示的實例中，多角掃描器具有 6 個側表面及 2 個末端表面。多角掃描器可具有任何數目之側邊。在一實施例中，藉由馬達如圖 2、12、14 中之馬達的一者旋轉鏡 1514。在另一實施例中，藉由該馬達旋轉多角掃描器 1516。

【0136】馬達可單向或雙向的，俾使馬達的桿軸可以前向與反向驅動。馬達可旋轉鏡及/或多角掃描器，俾使雷射光束不再反射離開第一鏡的第一部分而是反射離開第一鏡的第二部分。接著可使馬達的桿軸回到初始位置俾使雷射光束反射離開第一鏡的第一部分，或者可旋轉馬達的桿軸俾使雷射光束反射離開不同之鏡。在一實施例中，馬達為單向的因此馬達的桿軸以相同方向旋轉。在重新掃描基板時，多角掃描器可旋轉俾使雷射光束反射離開多角掃描器上的下一個相鄰之鏡，而非以反方向旋轉桿軸並回到初始位置。這與回到初始位置具有相同的效應。

【0137】光束成形光學裝置 1512 可包含平頂(或第一光束成形)光學裝置 1520 及第二光束成形光學裝置 1522。平頂光學裝置 1520 係用以將自雷射 1504 所接收之雷射光束(具有高斯分佈)轉變為平頂光束。雷射光束的溫度輪廓亦為高斯分佈。第二光束成形光學裝置 1522 將自平頂光學裝置 1520 離開的平頂圓形光束轉變為線光束 1524，如圖 16 所示線光束 1524 具有卵形橫剖面。線光束 1524 可在第一(或 x)方向上具有高斯強度及/或溫度分佈且在第二(或 y)方向上具有實質上「平頂」或均勻的強度及/或溫度分佈。線光束 1524 之橫剖面在 y 方向上的長度 L1 係大於基板 112 的直徑。例如，長度 L1 可為 320mm 而基板之直徑可為 300mm。在一實施例中，線光束 1524 具有(i)在線光束 1524 之中心部分 1600 中實質上「平頂」或均勻的強度並在基板 112 的表面上方提供均勻溫度分佈；及(ii)強度分佈自中心部分 1600 至對應於基板 112 徑向最邊緣的徑向最邊緣 1604 劇烈減少的末端部分 1602。在圖 16 中，線光束 1524 之橫剖面之中心部分 1600 具有

長度 L2，長度 L2 係等於或近乎等於基板 112 的直徑。基板 112 可被放置於基板支撐件(如圖 1 之基板支撐件 110)上。

【0138】 在圖 15 所示的實例中，顯示位於三個旋轉位置中的多角掃描器 1516，兩個 1516' 及 1516'' 係以虛線表示。雖然顯示 1516' 及 1516'' 係位於多角掃描器 1516 的左和右側，但事實上多角掃描器是固定的且只會旋轉掃描基板 112 上方。為了快速掃描(即短掃描時間)，這提供線光束一維移動橫跨基板 112。圖 15 之實施例並未使用遠心透鏡組件及/或光束折疊組件。

【0139】 雷射 1504 可在脈動模式或連續波(CW)模式下操作。在脈動模式期間，可將光束成形光學裝置 1512 的輸出直接提供予光束尺寸調整裝置 1526。在脈動模式期間，RTP 控制器 1510 可控制雷射光束的脈動速率，俾使脈動期間係落在皮秒或奈秒之範疇內。當雷射 1504 係在 CW 模式下操作時，可包含聲光調制器 1523。聲光調制器 1523 可由 RTP 控制器 1510 控制。在一實施例中，RTP 控制器 1510 產生 RF 控制訊號，RF 控制訊號被提供予聲光調制器 1523。提供 RF 控制訊號以控制聲光調制器 1523 之晶體之折射率的變化。晶體之折射率基於 RF 控制訊號之頻率變化。晶體基於 RF 訊號的頻率偏轉自光束成形光學裝置 1512 提供至聲光調制器 1523 的雷射光束。晶體具有雷射遮板的功能，允許或避免雷射光束通至光束尺寸調整裝置 1526、第一鏡 1514、及/或多角掃描器 1516。在一實施例中，RTP 控制器 1510 控制 RF 控制訊號的頻率，俾使離開光束成形光學裝置 1512 的連續波雷射光束能有效地被聲光調制器 1523 脈動(調制)。脈動雷射光束，俾使每一脈動的持續期間係落在微秒或毫秒的範疇內。因此，使用聲光調制器 1523 使脈動雷射光束的產生具有持續較長的脈動，以增加每一脈動之加熱。

【0140】 光束尺寸調整裝置 1526 可設置於光束成形光學裝置 1512 與第一鏡 1514 及/或多角掃描器 1516 之間。光束尺寸調整裝置 1526 可調整線光束的尺

寸，使其大於或等於基板 112 上之一晶粒的尺寸。可使光束尺寸調整裝置 1526 馬達化並包含光束擴張器 1527。

【0141】 RTP 控制器 1510、鏡 1514、及/或多角掃描器 1516 可以一維掃描系統的方式操作。鏡 1514 及/或多角掃描器 1516 可旋轉以使雷射/線束 1524 沿著例如第一(或 X)方向移動橫跨基板 112 的表面。控制器 1508 及/或 RTP 控制器 1510 可藉由對應的馬達旋轉鏡 1514 及/或多角掃描器 1516，以上述方式掃描橫跨基板 112 的表面。在線光束在基板表面上的每一位置中，線光束沿著 y 方向加熱基板 112 之複數晶粒的部分。在線光束的每一位置中可產生一或多個脈動。線光束可週期性地橫跨表面複數次以自基板 112 移除預定厚度(或複數厚度)的材料。

【0142】 圖 16 顯示圓形光束 1610 與線光束 1624 的橫剖面圖。光束成形光學裝置 1512 將自圖 15 之雷射 1504 輸出的圓形光束 1610 轉變為線光束 1524。線光束具有卵形橫剖面且在 x 方向上可具有高斯分佈且在 y 方向上具有實質均勻分佈。例如，當線光束被引導至基板 112 中心時與當線光束被引導至靠近基板 112 徑向最外邊緣附近之一點時之間的人射角可為 8.53° 。線光束在中心位置處的正交能量密度可為 1 而在徑向最外邊緣位置處的能量密度可為 0.989。兩位置之間的光束尺寸偏差可為 $1.12\mu\text{m}$ 。

【0143】 圖 17 顯示金屬 ALE 方法，其使用文中所述之非快速熱脈動及/或非脈動(固定)熱退火。金屬 ALE 方法可包含圖 4 之可重覆進行的金屬 ALE 處理，其中每一重覆被稱為一週期。雖然下面的操作係主要針對圖 1-2 及 4 加以說明，但可輕易地將操作應用至本發明的其他實施例。操作可重覆進行。一現行週期可不進行或省略圖 17 中以虛線顯示的某些操作。

【0144】 方法可始於 1700。在 1702 處，將基板(如圖 1 與 2 之基板 112 及/或直徑 300mm 的基板)放置在處理室中。在 1704 處，設定處理室操作參數如基

板支撐件溫度、處理室壓力、RF 功率、偏壓功率位準、及氣體流率。在操作 1704 期間，可決定在下面之操作 1708、1710 期間欲導入之氣體、蒸氣、液體、配位體、有機蒸氣等的類型。在操作 1704 期間，亦可決定在操作 1708、1710 期間欲導入之氣體、蒸氣、液體、配位體、有機蒸氣等的體積、流率、及/或壓力。亦可選擇操作 1714 用的能量位準。可選擇及/或調整所述之操作參數以調整正在進行之金屬 ALE 處理之每一週期的蝕刻率。蝕刻率為可調制的。在一實施例中，選擇用以進行表面修飾操作之氣體、蒸氣、液體、電漿、及/或化學品，及決定氣體、蒸氣、液體、電漿及/或化學品之流動的對應的體積、量、壓力、流率、開始與結束、及/或期間。這可包含期間：流動停止的期間；基板被暴露至一或多種氣體、蒸氣、液體、電漿、及/或化學品的期間；吹淨時間；及/或其他相關的時序。亦可決定溫度位準與 RTP 能量位準以及對應的時序。可針對正在進行的每一週期判斷所述的資訊。

【0145】 在 1706 處，清理基板表面。例如，基板可包含設置在基底層上的上(或上部)層。上層可包含或由下列者所構成：金屬、金屬氧化物、或金屬氮化物。可清理上層的上表面。

【0146】 在 1708 處，進行預處理，包含將基板的一或多個表面及/或膜層(包含金屬、金屬氧化物、或金屬氮化物)暴露至例如分子氧(O₂)電漿、臭氧(O₃)、過氧化氫(H₂O₂)、水蒸氣電漿、氫(H₂)電漿、分子氯(Cl₂)電漿、肼(N₂H₄)、氨(NH₃)電漿、及/或其他氣體。表面修飾可包含非電漿處理如化學品、過氧化氫(H₂O₂)蒸氣、水(H₂O)蒸氣、肼(N₂H₄)、及/或其他化學反應物的流動。在另一實施例中，表面修飾包含電漿處理如分子氧(O₂)電漿、分子氫(H₂)電漿、氨(NH₃)電漿、水(H₂O)電漿、及/或其他電漿的流動。可進行操作 1708 以將金屬轉變為金屬氧化物或金屬鹵化物。例如，這可包含供給 O₂ 電漿以將錫(Ti³⁺)轉變為 TiO₂(Ti⁴⁺)，這可發生在室溫或其他溫度處。可為了去氫化及表面活化而進行此操作。例如，

將導入氫(H₂)氣體或氨(NH₃)氣體物種的電漿氣體混合物供給至處理室。在一實施例中，在無電漿的情況下利用具有預先選擇之化學品的氣體進行表面修飾。

【0147】 在 1709 處，選擇性地預熱基板。這可包含如上所述增加基板支撐件(或其板)的溫度及/或增加對應處理室內的溫度。例如，可將基板、基板支撐件、及/或處理室內部的溫度增加至預定的溫度(如 200°C)。在一實施例中，並未進行操作 1709 且基板係維持於室溫處。在一實施例中，基板、基板支撐件、及/或處理室內部係處於一溫度，此溫度係高於或等於室溫且低於進行下列操作 1710 欲形成之金屬錯合物之沸點。

【0148】 在 1710 處，進行原子吸附，包含導入一或多種無配位體的反應物如六氟乙醯丙酮 Hhfac 及/或乙醯丙酮 Hacac 及/或導入一或多種其他有機氣體、蒸氣、及/或欲吸附至基板中的反應物。無金屬之配位體可包含分子氯(Cl₂)、乙醇(EtOH),及/或其他有機蒸氣。在一實施例中，無金屬之配位體為 Cl₂。此操作包含將基板在 1708 處受到修飾的一或多個上及/或外表面/膜層轉變為具有金屬錯合物的膜層。操作 1710 可發生在例如高於或等於室溫(或周遭溫度)且低於金屬錯合物之沸點的溫度處。可基於受到蝕刻之金屬、金屬氧化物、及/或金屬氮化物、進行之預處理、受到蝕刻之表面/膜層的溫度、蝕刻用之能量位準等選擇導入的一或多種配位體。這致使精準且高度選擇性的蝕刻，包含具有不同金屬及/或金屬化合物的表面的選擇性蝕刻深度與蝕刻率。

【0149】 在 1712 處，吹淨對應處理室的氣體。在 1714 處，進行延長的(或長的)脈動或非脈動熱退火。這包含加熱基板支撐件及/或利用例如閃光燈、雷射、或能提供延長加熱脈動的其他適合燈具(如紅外線燈)。可將基板支撐件加熱至例如介於 250°C 至 400°C 之間的溫度。在高於 400°C 的溫度處 Cl₂ 可能不會與基板表面反應。延長的加熱脈動係長於預定長度，例如在使用閃光燈時每一脈動可

長於 20 ms，在使用雷射時每一脈動可長於 20 ps。可提供加熱預定時間，然後移除加熱。在一實施例中，並未提供加熱脈動，並加熱基板支撐件及/或處理室。

【0150】可重覆進行至少操作 1708-1715，包含調制基板之表面或上部的溫度。在 1714 處為了脫附/移除的目的進行熱退火。可增加溫度以蒸發某些分子。

【0151】在進行上述操作時並未產生無機鹽或額外的金屬錯合物。當例如導入金屬前驅物時，可能會產生額外的金屬錯合物。上面的操作不包含導入金屬前驅物。藉著在表面更新操作如 1715 處導入氫電漿或氧電漿，可輕易清理不完全的有機殘餘物。

【0152】在 1715 處，可藉著以吹淨氣體(如氬(Ar)氣體)吹淨處理室而更新基板表面，以進行離子轟擊並移除基板之經修飾的部分(複數部分)。在一實施例中，在所提供之快速熱脈動的一或多個連續脈動對之間吹淨處理室。在一實施例中，在每一連續脈動對之間自處理室吹淨氣體。這致使在處理室內進行複數電漿及/或氣相處理。在一實施例中，在脈動快速熱退火期間及/或之後提供基板支撐件冷卻，以協助在脈動快速熱退火期間維持基板之基底及/或大塊部分的溫度、並協助在進行脈動快速熱退火之後的基板快速冷卻。

【0153】在 1716 處，控制器 180 或 208 判斷是否已完成 N 個週期，其中 N 為大於或等於 1 的整數。若已完成 N 個週期，進行操作 1718，否則進行操作 1708。在 1718 處，控制器 180 或 210 可選擇性地進行第二(或之後的)退火操作。在 1719 處，控制器 180 或 210 可判斷，針對一現行晶粒是否進行其他處理及/或是否改變及/或重覆現行處理。當如圖 2 之實施例使用雷射與透鏡電路時，若欲進行其他處理，可進行操作 1704，否則可進行操作 1720。若如圖 1 之實施例中使用閃光燈，當不進行其他處理或改變現行處理時，方法可在 1722 處結束。若欲在其他晶粒上進行處理，進行操作 1724，要不然方法可在 1722 處結束。

【0154】 在 1724 處，控制器 208 移動鏡 214、216 以將雷射光束的成像平面位置改變至基板 112 的不同晶粒上方。例如，可將 2 cm x 2 cm 雷射光束自第一晶粒上方移動至第二晶粒上方。可重覆施行所述方法以使雷射光束在基板上的數十至數百晶粒上方掃描。鏡 214、216 的移動可與雷射 204 的脈動重覆率同步，以對每個晶粒提供一或多次照射。

【0155】 上述操作應為說明性的實例。取決於應用，可依序、同步、同時、連續、在重疊的期間內、或以不同順序進行操作。又，取決於事件的實施及/或程序，可進行或省略任何操作。

【0156】 上述方法提供高度選擇性之 ALE，其具有高產量、在電漿蝕刻期間提供經改善之 ALE 厚度控制。實例包含導入 Cl_2 ， Cl_2 會攻擊 TiO_2 且不會與 TiN 反應而提供自我限制性處理。導入 O_2 電漿將 Ti 轉變為氧化態是有效且快速的處理，且導入 Cl_2 移除 TiO_2 不會留下任何殘留物。又， Cl_2 不會與 SiO_2 反應。

【0157】 通孔的填充部分可在後段(BEOL)處理中可能會貢獻最多的阻抗。為了減少此阻抗，可利用圖 18 之下列方法移除通孔的底部，圖 18 之方法可被稱為利用快速熱脈動之方向性非等向性 BEOL 阻障層移除方法。此直接配位體處理可被用於金屬氮化物層之部分的選擇性移除。該些部分係在不損傷下的情況下受到移除。由於包含導線(如銅(Cu)線)，因此亦無熱存積問題。例如，可移除通孔底部處的上層但留下通孔的側壁。亦可移除通孔外部的上層。這可參考圖 18 的方法更進一步說明。

【0158】 圖 18 顯示 BEOL 金屬阻障層 ALE 方法，其使用低處理室壓力及/或電漿壓力控制、偏壓功率控制、及 RTP 熱退火。當部分金屬氮化物膜層係受到移除時，此方法可被稱為金屬氮化物 ALE 方法且可包含圖 4 之金屬 ALE 處理。此方法可重覆進行，其中每一重覆被稱為一週期。雖然下面的操作係主要針對

圖 1-2、4、及 19 加以說明，但可輕易地將操作應用至本發明的其他實施例。一現行週期可不進行或省略圖 18 中以虛線顯示的某些操作。

【0159】 方法可始於 1800。在 1802 處，將基板(如圖 1 與 2 之基板 112 及/或直徑 300mm 的基板)放置在處理室中。在 1804 處，設定處理室操作參數如基板支撐件溫度、處理室壓力、RF 功率、偏壓功率位準、及氣體流率。在操作 1804 期間，可決定在下面之操作 1808、1810 期間欲導入之氣體、蒸氣、液體、配位體、有機蒸氣等的類型。在操作 1804 期間，亦可決定在操作 1808、1810 期間欲導入之氣體、蒸氣、液體、配位體、有機蒸氣等的體積、流率、及/或壓力。亦可選擇操作 1814 用的能量位準。可選擇及/或調整所述之操作參數以調整正在進行之金屬 ALE 處理之每一週期的蝕刻率。蝕刻率為可調整的。在一實施例中，選擇用以進行表面修飾操作的氣體、蒸氣、液體、電漿、及/或化學品，且判斷氣體、蒸氣、液體、電漿、及/或化學品之流體的對應的體積、量、壓力、流率、及開始與結束、及/或持續期間。這可包含期間：流動停止的期間；基板被暴露至一或多種氣體、蒸氣、液體、電漿、及/或化學品的期間；吹淨時間；及/或其他相關的時序。亦可決定溫度位準與 RTP 能量位準以及對應的時序。可針對正在進行的每一週期判斷所述的資訊。

【0160】 在 1806 處，清理基板表面。例如，基板可包含設置於基底層上的上(或頂)層。上層可包含金屬、金屬氧化物、或金屬氮化物，或由其所構成。可清理上層的上表面。

【0161】 在 1808 處，進行預處理，包含將包含金屬、金屬氧化物、或金屬氮化物的基板的一或多個表面及/或膜層暴露至例如分子氧(O₂)電漿、臭氧(O₃)、過氧化氫(H₂O₂)、水蒸氣電漿、氫(H₂)電漿、分子氯(Cl₂)電漿、肼(N₂H₄)、氨(NH₃)電漿、及/或其他氣體。在一實施例中，導入 O₂ 電漿。在另一實施例中，導入 H₂ 電漿。表面修飾可包含非電漿處理如流動化學品、過氧化氫(H₂O₂)蒸氣、水

(H₂O)蒸氣、肼(N₂H₄)、及/或其他化學反應物。在另一實施例中，表面修飾包含電漿處理如流動分子氧(O₂)電漿、分子氫(H₂)電漿、氨(NH₃)電漿、水(H₂O)電漿、及/或其他電漿。

【0162】在此操作期間，將包含於此的電漿室壓力及/或電漿壓力維持在低壓(如低於預定壓力之壓力)處。藉由例如圖 1 之 RF 產生器 120-2 供給偏壓功率(偏壓電流及/或電壓)以藉由基板支撐件偏壓基板。例如，偏壓電流及/或電壓可大於預定的偏壓電流及/或電壓。例如，可偏壓基板的一或多個部分。可進行操作 1808 以修飾金屬氮化物層的選擇性部分。低壓及基板的選擇性偏壓能選擇性修飾上部或金屬氮化物層。現在亦參考圖 19A，其顯示形成有通孔 1902 之基板的部分 1900。基板包含導電下層 1904、中間層 1906、及上層 1908。中間層 1906 可為介電層且可由介電材料所形成。中間層 1906 包含孔洞 1910。可由金屬氮化物如 TaN 或 TiN 形成的上層 1908 係與中間層 1906 的上表面接觸、設置橫跨中間層 1906 的上表面、且填充部分孔洞 1910。上層 1908 係位於孔洞 1910 之側壁 1912 及底部 1914 上(或孔洞 1910 之導電層 1904 的上部上)。中間層 1906 係與導電下層 1904 接觸且設置於導電下層 1904 上。導電下層 1904 可由銅(Cu)、鈷(Co)、及/或一或多個其他適合的導電材料所形成。

【0163】在操作 1808 期間，上層 1908 與中間層 1906 之上表面相接觸的部分 1920 及導電下層 1904 之上表面位於孔洞 1910 中的部分 1922 係受到修飾以在操作 1814 期間受到移除。上層 1908 的側壁部 1930 仍然留在孔洞 1910 中。操作 1808 及 1814 的結果係顯示於圖 19B 中。在圖 8 之方法之後，可以導電材料 1940 填充具有側壁 1930 的孔洞 1910 以形成如圖 19C 中所示的通孔 1902。導電材料可為 Cu、Co、及/或其他適合的導電材料。

【0164】在操作 1808 期間及在一實施例中，可提供 O₂ 電漿且將偏壓功率供給至基板並維持低處理室壓力。可擷取來自電漿的氧化性離子，且可將基板

偏壓至充分的高電壓以提供氧化性離子的方向性轟擊。在另一實施例中，在低壓處提供過氧化氫(H_2O_2)及/或臭氧(O_3)。 O_2 相較於 O_3 可提供較高的蝕刻率。在另一實施例中，所提供的電漿、處理室、及/或所供給的一或多種氣體係處於低壓處。在一實施例中，並未提供偏壓功率。在一實施例中，氧化或氫化底部 1922 但並未氧化或氫化側壁部 1930。經氧化或氫化的區域對 Cl_2 及/或無金屬之配位體有反應性，能夠被轉變為揮發性物種而能被快速熱脈動移除。

【0165】 在 1809 處，選擇性地預熱基板。這可包含如上述增加基板支撐件的溫度及/或對應處理室內的溫度。例如，可將基板、基板支撐件、及/或處理室內部的溫度增加至預定的溫度(如 $200^\circ C$)。在一實施例中，並未進行操作 1809 並將基板維持在室溫處。在一實施例中，基板、基板支撐件、及/或處理室內部的溫度係處於高於或等於室溫且低於因進行後續操作 1810 所形成之金屬錯合物之沸點的溫度。

【0166】 在 1810 處，進行原子吸附，包含導入一或多種無配位體的反應物如六氟乙醯丙酮 Hhfac 及/或乙醯丙酮 Hacac 及/或導入一或多種其他有機氣體、蒸氣、及/或欲吸附至基板中的反應物。無金屬之配位體可包含分子氯(Cl_2)、乙醇(EtOH)、及/或其他有機蒸氣。在一實施例中，無金屬之配位體為 Cl_2 。此操作包含將基板在 1808 處受到修飾的一或多個上及/或外表面/膜層轉變為具有金屬錯合物的膜層。操作 1810 可發生在例如高於或等於室溫(或周遭溫度)且低於金屬錯合物之沸點的溫度處。可基於受到蝕刻之金屬、金屬氧化物、及/或金屬氮化物、進行之預處理、受到蝕刻之表面/膜層的溫度、蝕刻用之能量位準等選擇導入的一或多種配位體。這致使部分 1920、1922 之精準且高度選擇性的蝕刻移除。

【0167】 在 1812 處，吹淨對應處理室的氣體。在 1814 處，利用例如閃光燈、雷射、或如文中所述能快速脈動的其他適合燈具(如紅外線燈)進行脈動快速

熱退火。在一實施例中，使用閃光燈提供預定量的熱能(如 7 焦耳(J)或 11J)。在另一實施例中，使用脈動雷射。

【0168】 可重覆進行至少操作 1808-1815，包含調制基板之表面或上部的溫度。可在一秒內調制表面或上部的溫度數次。在 1814 處為了脫附/移除的目的進行脈動快速熱退火。這可包含產生一或多個熱能脈動以加熱基板的經修飾部分。可增加溫度以蒸發某些分子。快速熱脈動能致使基板表面處的清理反應，自基板釋放金屬錯合物。

【0169】 在進行上述操作時並未產生無機鹽或額外的金屬錯合物。當例如導入金屬前驅物時，可能會產生額外的金屬錯合物。上述操作不包含導入金屬前驅物。藉著在表面更新操作如 1815 處導入氫電漿或氧電漿，可輕易清理不完全的有機殘餘物。

【0170】 在操作 1814 期間使基板的基底及/或大塊部分維持在或低於預定的溫度(如低於或等於 20°C)。RTP 能使一處理室組態以高產量的方式使用。在單一的處理室中進行複數處理操作。又例如，每一脈動的長度可為 0.1 毫秒(ms)且基板之表面及/或部分的溫度可增加上至 1000°C。

【0171】 在某些實例中，每一閃光燈脈動提供 5 J/cm² (即每單位基板面積的能量)至 80 J/cm²。在某些實例中，每一雷射脈動提供 5 mJ/cm² 至 80 mJ/cm²。在某些實例中，在自 0.1 ms 至 20 ms 之預定期間範圍內進行退火。在一實施例中，使用脈動期間為 1 ms 的閃光燈或脈動期間為 1 皮秒(ps)的雷射將基板的表面或上部自初始溫度加熱至高於 500°C 的溫度，然後在短於 1 秒(多秒)的期間內冷卻回初始溫度。

【0172】 操作 1808、1810、1814 能以原子移除在操作 1808 與 1810 期間受到修飾之基板的表面及/或上層的選擇性移除而達成可控制的原子蝕刻。在 1814

處所進行的快速加熱提供在不使用電漿下的等向性反應。此外，所主張的加熱能快速冷卻，亦避免熱存積問題。

【0173】 在 1815 處，可藉著以吹淨氣體(如氬(Ar)氣體)吹淨處理室而更新基板表面，以進行離子轟擊並移除基板之經修飾的部分(複數部分)。在一實施例中，在所提供之快速熱脈動的一或多個連續脈動對之間吹淨處理室。在一實施例中，在每一連續脈動對之間自處理室吹淨氣體。這致使在處理室內進行複數電漿及/或氣相處理。在一實施例中，在脈動快速熱退火期間及/或之後提供基板支撐件冷卻，以協助在脈動快速熱退火期間維持基板之基底及/或大塊部分的溫度、並協助在進行脈動快速熱退火之後的基板快速冷卻。

【0174】 在 1816 處，控制器 180 或 208 及/或快速熱脈動控制器 182 或 210 判斷是否已完成 N 個週期，其中 N 為大於或等於 1 的整數。若已完成 N 個週期，進行操作 1818，否則進行操作 1808。在 1818 處，控制器 180 或 210 可選擇性地進行第二(或之後的)退火操作。在 1819 處，控制器 180 或 210 可判斷，針對一現行晶粒是否進行其他處理及/或是否改變及/或重覆現行處理。當如圖 2 之實施例使用雷射與透鏡電路時，若欲進行其他處理，可進行操作 1804，否則可進行操作 1820。若如圖 1 之實施例中使用閃光燈，當不進行其他處理或改變現行處理時，方法可在 1822 處結束。若欲在其他晶粒上進行處理，進行操作 1824，要不然方法可在 1822 處結束。

【0175】 在 1824 處，控制器 208 移動鏡 214、216 以將雷射光束的成像平面位置改變至基板 112 的不同晶粒上方。例如，可將 2 cm x 2 cm 雷射光束自第一晶粒上方移動至第二晶粒上方。可重覆施行所述方法以使雷射光束在基板上的數十至數百晶粒上方掃描。鏡 214、216 的移動可與雷射 204 的脈動重覆率同步，以對每個晶粒提供一或多次照射。

【0176】上述操作應為說明性的實例。取決於應用，可依序、同步、同時、連續、在重疊的期間內、或以不同順序進行操作。又，取決於事件的實施及/或程序，可進行或省略任何操作。

【0177】在沉積 Cu 或 Co 以填充通孔之前，可進行圖 18 之上述方法而非進行濺射清理處理。移除 TaN 層在通孔底部處的部分以最少化及/或消除電阻-電容(RC)問題。方法能選擇性移除上層及對應表面的平坦/水平單層部分。

【0178】圖 18 之方法可用以自三維特徵部如通孔、孔洞、NAND 記憶體特徵部等，等向性及選擇性移除例如金屬氮化物。方法可用以自高深寬比孔洞內移除金屬氮化物層。利用所述方法可等向性移除錫所形成之具有預定深度的前段 (FEOL)金屬閘極(MG)。

【0179】前面的說明在本質上僅為說明性且意不在以任何方式限制本發明、其應用或使用。本發明的廣義教示可以各種形式施行之。因此，雖然本發明包含特定實例，但本發明之真實範疇不應受其限制，因為在熟知此項技藝者研讀圖示、說明書及隨附的請求項後當能進行其他修改。應瞭解，一方法中的一或多個步驟可在不改變本發明原理的情況下以不同的順序(或同時)執行。又，雖然上述的每一實施例具有特定的特徵，但與本發明之任一實施例相關的任一或更多特徵皆可與任何其他實施例的特徵一起實施及/或結合，即便文中未明確地指出此種結合。換言之，所述的複數實施例並非彼此互斥，一或多個實施例的互換排列亦落在本發明的範疇內。

【0180】本文中利用各種詞語說明複數元件之間(如複數模組之間、電路元件之間、半導體膜層之間等)的空間與功能關係，此些詞語包含「連接」、「銜合」、「耦合」、「鄰近(adjacent)」、「相鄰(next to)」、「在上部上(on top of)」、「在...上方」、「在...下方」、及「設置」。在上文中說明第一與第二元件間的關係時，除非特別限定「直接」，否則兩者之間的關係可以是直接關係即第

一與第二元件之間不存在其他干擾元件或兩者之間的關係亦可以是間接關係即第一與第二元件之間尚存在(可以是空間上的存在或功能上的存在)一或多個干擾元件。在文中所用之「A、B 與 C 中至少一者」的表達方式應被解讀為使用非排他性邏輯 OR 的邏輯式(A OR B OR C)，而不應被解讀為「A 之至少一者、B 之至少一者與 C 之至少一者」。

【0181】 在某些實施例中，控制器為系統的一部分，系統可為上述實例的一部分。此類系統包含半導體製程設備，半導體製程設備包含處理工具或複數處理工具、處理室或複數處理室、處理平臺或複數平臺、及/或特定的處理元件(晶圓座臺、氣體流動系統等)。此些系統係與一些電子裝置整合，此些電子裝置係用以在半導體晶圓或基板的處理之前、期間及之後控制系統的操作。此些電子裝置係稱為「控制器」，其可控制系統或複數系統的各種元件或子部件。取決於處理需求及/或系統類型，控制器可被程式化以控制文中所揭露的任何處理，處理包含處理氣體的輸送、溫度設定(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、流率設定、流體輸送設定、位置與操作設定、晶圓傳輸進入或離開設備與連接至系統或與系統具有界面的其他傳輸設備及/或裝載互鎖機構。

【0182】 概括地說，控制器可被定義為具有各種積體電路、邏輯、記憶體及/或軟體的電子裝置，其可接收指令、發佈指令、控制操作、致能清理操作、致能終點量測等。積體電路可包含儲存了程式指令之具有韌體形式的晶片、數位訊號處理器(DSP)、被定義為特殊應用積體電路(ASIC)的晶片、及/或能執行程式指令(如軟體)的一或多個微處理器或微控制器。程式指令可為與控制器通訊之具有各種獨立設定(或程式檔案)形式的指令，其定義為了在半導體晶圓上或針對半導體晶圓或對系統進行特定處理所用的操作參數。在某些實施例中，操作參數為製程工程師為了完成一或多膜層、材料、金屬、氧化物、矽、二氧化矽、

表面、電路及/或晶圓之晶粒之製造期間的一或多個處理步驟所定義之配方的一部分。

【0183】 在某些實施例中控制器為整合至系統、耦合至系統、藉由網路連接至系統、或其組合的電腦的一部分或控制器耦合至電腦。例如，控制器係位於「雲端」中或工廠主機電腦系統的全部或部分中，這允許使用者遠端接取晶圓處理。電腦致能遠端接取系統以監控製造操作的目前進展、檢視過去製造操作的歷程、自複數製造操作檢視驅勢或效能度量、改變現有處理的參數、設定處理步驟以符合現有處理、或開始一新的製程。在某些實施例中，遠端電腦(如同伺服器)可經由電腦網路對系統提供處理配方，電腦網路包含區域網路或網際網路。遠端電腦可包含使用者介面，使用者介面讓使用者能進入或程式化參數及/或設定，然後自遠端電腦與系統通訊。在某些實例中，控制器接收數據形式的指令，此些指令指定在一或多個操作期間欲進行之每一處理步驟用的複數參數。應瞭解，複數參數係特別針對欲施行之處理的類型及控制器用以交界或控制之設備的類型。因此如上所述，可分散控制器如藉著包含一或多個藉由網路互連並朝向共同目的如文中所述之處理與控制工作的離散控制器。為了此類目的的分散控制器的實例為處理室上的一或多個積體電路，其係與一或多個位於遠端(例如位於平臺位準處或為遠端電腦的一部分)的積體電路通訊而共同控制處理室中的處理。

【0184】 不受限地，例示性的系統包含電漿蝕刻室或模組、沉積室或模組、旋轉沖洗室或模組、金屬鍍室或模組、清理室或模組、邊緣蝕刻室或模組、物理氣相沉積(PVD)室或模組、化學氣相沉積(CVD)室或模組、原子層沉積(ALD)室或模組、原子層蝕刻(ALE)室或模組、離子植入室或模組、軌道室或模組、及和半導體晶圓之製造相關及/或用於製造的任何其他半導體處理系統。

【0185】 如上所述，取決於設備所欲進行的處理步驟或複數步驟，控制器可與下列的一或多者通訊交流：其他設備電路或模組、其他設備的元件、叢集設備、其他設備的界面、相鄰設備、鄰近設備、位於工廠內的設備、主電腦、另一控制器、或半導體製造工廠中用以將晶圓容器載入與載出設備位置及/或裝載接口的材料運輸用設備。

【符號說明】

【0186】

100:基板處理系統

106:RTP系統

108:處理室

110:基板支撐件

112:基板

114:流體通道

116:加熱器

118:電極

119:感測器

120-1:RF產生器

120-2:RF產生器

122:閥件

123:RF源

124:泵浦

125:匹配網路

126:熱源

- 127:線圈
- 128:閃光燈
- 130:窗組件
- 132:第一窗
- 134:反射件
- 136:反射構件
- 138:第二窗
- 140:冷卻外套
- 142:反射件
- 144:拋物線反射部件
- 150:溫度控制系統
- 152:流體源
- 154:泵浦
- 156:溫度感測器
- 160:輸送系統
- 166:閥件
- 168:流動控制器
- 170:混合歧管
- 180:控制器
- 182:RTP控制器
- 184:電容性放電電路
- 186:電源
- 187:方塊
- 200:基板處理系統

202:RTP系統
204:雷射
206:透鏡電路
208:控制器
210:RTP控制器
212:光束成形光學裝置
213:電流鏡電路
214:第一鏡
216:第二鏡
218:遠心透鏡組件
220:平頂光學裝置
222:繞射光學裝置
226:光束尺寸調整裝置
227:光束擴張器
230:馬達
232:馬達
240:平凸透鏡
242:平凸透鏡
244:平凸透鏡
246:平凸透鏡
248:共同中心線
250:模子
300:雷射光束
302:曲線

304:像平面

305:凸緣

307:點

309:點

500:吸附曲線

502:吸附曲線

800:曲線

802:曲線

804:曲線

806:曲線

1000:堆疊

1002:上金屬層

1002':上金屬層

1002'':上金屬層

1004:基底層

1006:經修飾之表面層

1100:操作

1102:操作

1104:操作

1106:操作

1109:操作

1100:操作

1110:操作

1112:操作

1114:操作
1115:操作
1116:操作
1118:操作
1119:操作
1120:操作
1122:操作
1124:操作
1200:基板處理系統
1202:RTP系統
1204:雷射
1206:透鏡電路
1208:控制器
1210:RTP控制器
1212:光束成形光學裝置
1213:電流鏡電路
1214:第一鏡
1216:第二鏡
1218:遠心透鏡組件
1220:平頂光學裝置
1222:繞射光學裝置
1223:聲光調制器
1226:光束尺寸調整裝置
1227:光束擴張器

1230:馬達
1232:馬達
1240:平凸透鏡
1242:平凸透鏡
1244:平凸透鏡
1246:平凸透鏡
1248:共同中心線
1250:模子
1252:中心
1300:入射角
1400:基板處理系統
1402:RTP系統
1404:雷射
1406:透鏡電路
1408:控制器
1410:RTP控制器
1412:光束成形光學裝置
1413:電流鏡電路
1414:第一鏡
1416:第二鏡
1418:光束折疊組件
1420:平頂光學裝置
1422:繞射光學裝置
1423:聲光調制器

1426:光束尺寸調整裝置

1427:光束擴張器

1430:馬達

1432:馬達

1452:鏡

1454:鏡

1456:鏡

1458:鏡

1459:外罩

1460:第一窗

1461:第二窗

1462:雷射光束

1464:雷射光束

1466:雷射光束

1500:基板處理系統

1502:RTP系統

1504:雷射

1506:透鏡電路

1508:控制器

1510:RTP控制器

1512:光束成形光學裝置

1514:第一鏡

1516:多角掃描器

1516':多角掃描器

- 1516:多角掃描器
- 1520:平頂光學裝置
- 1522:繞射光學裝置
- 1523:聲光調制器
- 1524:線光束
- 1526:光束尺寸調整裝置
- 1527:光束擴張器
- 1600:中心部分
- 1602:末端部分
- 1604:徑向最邊緣
- 1610:圓形光束
- 1624:線光束
- 1700:操作
- 1702:操作
- 1704:操作
- 1706:操作
- 1708:操作
- 1709:操作
- 1710:操作
- 1712:操作
- 1714:操作
- 1715:操作
- 1716:操作
- 1718:操作

1720:操作

1722:操作

1724:操作

1800:操作

1802:操作

1804:操作

1806:操作

1808:操作

1809:操作

1810:操作

1812:操作

1814:操作

1815:操作

1816:操作

1818:操作

1819:操作

1820:操作

1824:操作

1900:部分

1902:通孔

1904:導電下層

1906:中間層

1908:上層

1910:孔洞

1912:側壁

1914:底部

1920:部分

1922:部分

1930:側壁

1940:導電材料

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種原子層蝕刻(ALE)系統，用於進行金屬ALE處理以蝕刻基板的表面，該ALE系統包含：

一處理室；

一基板支撐件，係設置於該處理室中且係用以支撐該基板；

一第一熱源；

一輸送系統，係用以將一配體或一有機物種中的至少一者供給至該處理室；及

一控制器，係用以控制該輸送系統與該第一熱源以進行一等向性金屬ALE處理，該等向性金屬ALE處理包含：

在該等向性金屬ALE處理的一重覆期間，進行原子吸附與脈動熱退火；

在該原子吸附期間，將該基板的該表面暴露至該配體或該有機物種中的該至少一者，其中該配體或該有機物種中的該至少一者並無金屬前驅物且係選擇性地吸附以在該基板的該表面中形成一金屬錯合物，及其中該金屬錯合物係在不導入金屬前驅物的情況下形成；及

在該脈動熱退火期間，脈動該第一熱源使其開關數次以自該基板移除該金屬錯合物。

【請求項2】如請求項第1項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該表面包含一金屬、一金屬氧化物、或一金屬氮化物中的至少一者。

【請求項3】如請求項第1項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中在該等向性金屬ALE處理期間，該基板的該表面並未被暴露至一金屬前驅物。

【請求項4】如請求項第1項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該等向性金屬ALE處理包含在進行該原子吸附之前，藉由一第二熱源預熱該基板。

【請求項5】如請求項第4項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該等向性金屬ALE處理包含將該基板預熱至一溫度，該溫度係高於或等於一周遭溫度且低於該金屬錯合物的一沸點溫度。

【請求項6】如請求項第1項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該等向性金屬ALE處理包含在進行該原子吸附之前修飾該表面。

【請求項7】如請求項第6項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該修飾該表面包含在不擊發電漿的情況下供給一氣體以與該基板的該表面反應。

【請求項8】如請求項第6項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該修飾該表面包含供給一氣體與該基板的該表面反應並擊發電漿。

【請求項9】如請求項第6項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中：

該表面包含該金屬；及

該修飾該表面包含將該金屬轉變為一金屬氧化物或一金屬鹵化物。

【請求項10】如請求項第1項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中：

在該原子吸附期間將該基板的該表面暴露至該配體；及

該配體為一反應性的自由配體。

【請求項11】如請求項第10項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該配體係選自由六氟乙醯丙酮(Hhfac)與乙醯丙酮(Hacac)所構成的族群。

【請求項12】如請求項第10項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該配體係選自由分子氯(Cl₂)、乙醇(EtOH)、及有機蒸氣所構成的族群。

【請求項13】如請求項第1項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中：

該等向性金屬ALE處理包含一第一修飾操作及一第二修飾操作；

該原子吸附係對應至該第二修飾操作；

該控制器係用以重覆進行該等向性金屬ALE處理預定次數；及

該重覆進行預定次數中的每一重覆包含下列中的至少一者(i)在該第一修飾操作期間供給一不同的化學物種，該不同的化學物種係不同於該等向性金屬ALE處理之一前一重覆期間所供給者；或(ii)在該第二修飾操作期間供給一不同的化學物種，該不同的化學物種係不同於該等向性金屬ALE處理之一前一重覆期間所供給者。

【請求項14】如請求項第1項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該金屬錯合物包含一金屬及該配體。

【請求項15】如請求項第1項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該金屬錯合物包含一金屬及該配體、水、氫及三甲基矽基氯中的至少一者。

【請求項16】如請求項第1項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該配體或該有機物種中的該至少一者係在一溫度處導入，該溫度係低於該金屬錯合物的一沸點溫度。

【請求項17】一種金屬原子層蝕刻(ALE)方法，用於蝕刻基板的表面，該金屬ALE方法包含：

將該基板放置到一處理室中的一基板支撐件上；

藉由一輸送系統將一配體或一有機物種中的至少一者供給至該處理室；及進行一等向性金屬ALE處理，該等向性金屬ALE處理包含：

在該等向性金屬ALE處理的一重覆期間，進行原子吸附與脈動熱退火；

在該原子吸附期間，將該基板的該表面暴露至該配體或該有機物種中的該至少一者，其中該配體或該有機物種中的該至少一者並無金屬前驅物且係選擇性地吸附至該基板的該表面中形成一金屬錯合物，及其中該金屬錯合物係在不導入金屬前驅物的情況下形成；及

在該脈動熱退火期間，脈動一熱源使其開關數次以自該基板移除該金屬錯合物。

【請求項18】如請求項第17項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中該表面包含一金屬、一金屬氧化物、或一金屬氮化物中的至少一者。

【請求項19】如請求項第17項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中在該等向性金屬ALE處理期間，該基板的該表面並未被暴露至一金屬前驅物。

【請求項20】如請求項第17項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中該等向性金屬ALE處理包含在進行該原子吸附之前，將該基板預熱至一溫度，該溫度係高於或等於一周遭溫度且低於該金屬錯合物的一沸點溫度。

【請求項21】如請求項第17項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中該等向性金屬ALE處理包含在進行該原子吸附之前修飾該表面。

【請求項22】如請求項第21項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中該修飾該表面包含在不擊發電漿的情況下供給一氣體以與該基板的該表面反應。

【請求項23】如請求項第21項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中該修飾該表面包含供給一氣體與該基板的該表面反應並擊發電漿。

【請求項24】如請求項第21項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中：

該表面包含該金屬；及

該修飾該表面包含將該金屬轉變為一金屬氧化物或一金屬鹵化物。

【請求項25】如請求項第17項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中：

在該原子吸附期間將該基板的該表面暴露至該配體；及

該配體為一反應性的自由配體。

【請求項26】如請求項第25項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中該配體係選自由六氟乙醯丙酮(Hhfac)與乙醯丙酮(Hacac)所構成的族群。

【請求項27】如請求項第25項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中該配體為選自由分子氯(Cl₂)、乙醇(EtOH)、及有機蒸氣所構成之族群的一反應性自由配體。

【請求項28】 如請求項第17項之金屬原子層蝕刻(ALE)方法，其中：

該等向性金屬ALE處理包含一第一修飾操作及一第二修飾操作；

該原子吸附係對應至該第二修飾操作；

重覆進行該等向性金屬ALE處理預定次數；及

該重覆進行預定次數中的每一重覆包含下列中的至少一者(i)在該第一修飾操作期間供給一不同的化學物種，該不同的化學物種係不同於該等向性金屬ALE處理之一前一重覆期間所供給者；或(ii)在該第二修飾操作期間供給一不同的化學物種，該不同的化學物種係不同於該等向性金屬ALE處理之一前一重覆期間所供給者。

【請求項29】 一種原子層蝕刻(ALE)系統，用於進行金屬ALE處理以蝕刻基板的表面，該ALE系統包含：

一處理室；

一基板支撐件，係設置於該處理室中且係用以支撐該基板；

一熱源，係用以加熱該基板支撐件或該處理室中的至少一者；

一輸送系統，係用以將一配體或一有機物種中的至少一者供給至該處理室；及

一控制器，係用以控制該輸送系統與該熱源以進行一等向性金屬ALE處理，該等向性金屬ALE處理包含：

在該等向性金屬ALE處理的一重覆期間，修飾該表面及進行原子吸附與熱退火；

在該修飾該表面期間，供給一氣體與該基板的該表面反應；

在該原子吸附期間，將該基板的該表面暴露至該配體或該有機物種中的該至少一者，其中該配體或該有機物種中的該至少一者並無金屬前驅物

且係選擇性地吸附以在該基板的該表面中形成一金屬錯合物，及其中該金屬錯合物係在不導入金屬前驅物的情況下形成；及

在該熱退火期間，活化該熱源以自該基板移除該金屬錯合物。

【請求項30】如請求項第29項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該氣體包含氧(O₂)。

【請求項31】如請求項第29項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該配體包含氯(Cl₂)。

【請求項32】如請求項第29項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該熱退火包含：不脈動該熱源；或

脈動該熱源，使其具有經延長之複數脈動，該經延長之複數脈動所具有之複數長度係大於或等於一預定長度。

【請求項33】一種原子層蝕刻(ALE)系統，用於進行金屬ALE處理以蝕刻基板的表面，該ALE系統包含：

一處理室；

一基板支撐件，係設置於該處理室中且係用以支撐該基板；

一熱源，係用以加熱該基板支撐件或該處理室中的至少一者；

一輸送系統，係用以將一配體或一有機物種中的至少一者供給至該處理室；

一控制器，係用以控制該輸送系統與該熱源以進行一選擇性金屬ALE處

理，該選擇性金屬ALE處理包含：

在該選擇性金屬ALE處理的一重覆期間，修飾該表面及進行原子吸附與脈動熱退火；

在該修飾該表面期間，供給一氣體與該基板的該表面的選擇性部分進行反應，該修飾該表面包含下列之至少一者：

(i)偏壓該表面之該選擇性部分；

第 6 頁，共 7 頁(發明申請專利範圍)

(ii)在低於一預定壓力的一壓力下供給該氣體；或

(iii)將該處理室內的一壓力維持在低於該預定壓力，

在該原子吸附期間，將該基板的該表面暴露至該配體或該有機物種中的該至少一者，其中該配體或該有機物種中的該至少一者並無金屬前驅物且係選擇性地吸附以在該基板的該表面中形成一金屬錯合物，及其中該金屬錯合物係在不導入金屬前驅物的情況下形成；及

在該快速熱退火期間，脈動該熱源使其開關數次以自該基板移除該金屬錯合物。

【請求項34】 如請求項第33項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該氣體包含氧(O₂)或氫(H₂)。

【請求項35】 如請求項第33項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該配體包含氯(Cl₂)。

【請求項36】 如請求項第33項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該表面之該部分包含：

(i)該基板之一中間層之一孔洞中之一上層的一底部；及

(ii)設置在該中間層上之該上層的一上部。

【請求項37】 如請求項第36項之原子層蝕刻(ALE)系統，其中該表面之該部分不包含設置在該孔洞之一側壁上之該上層的一側壁部。

【發明圖式】

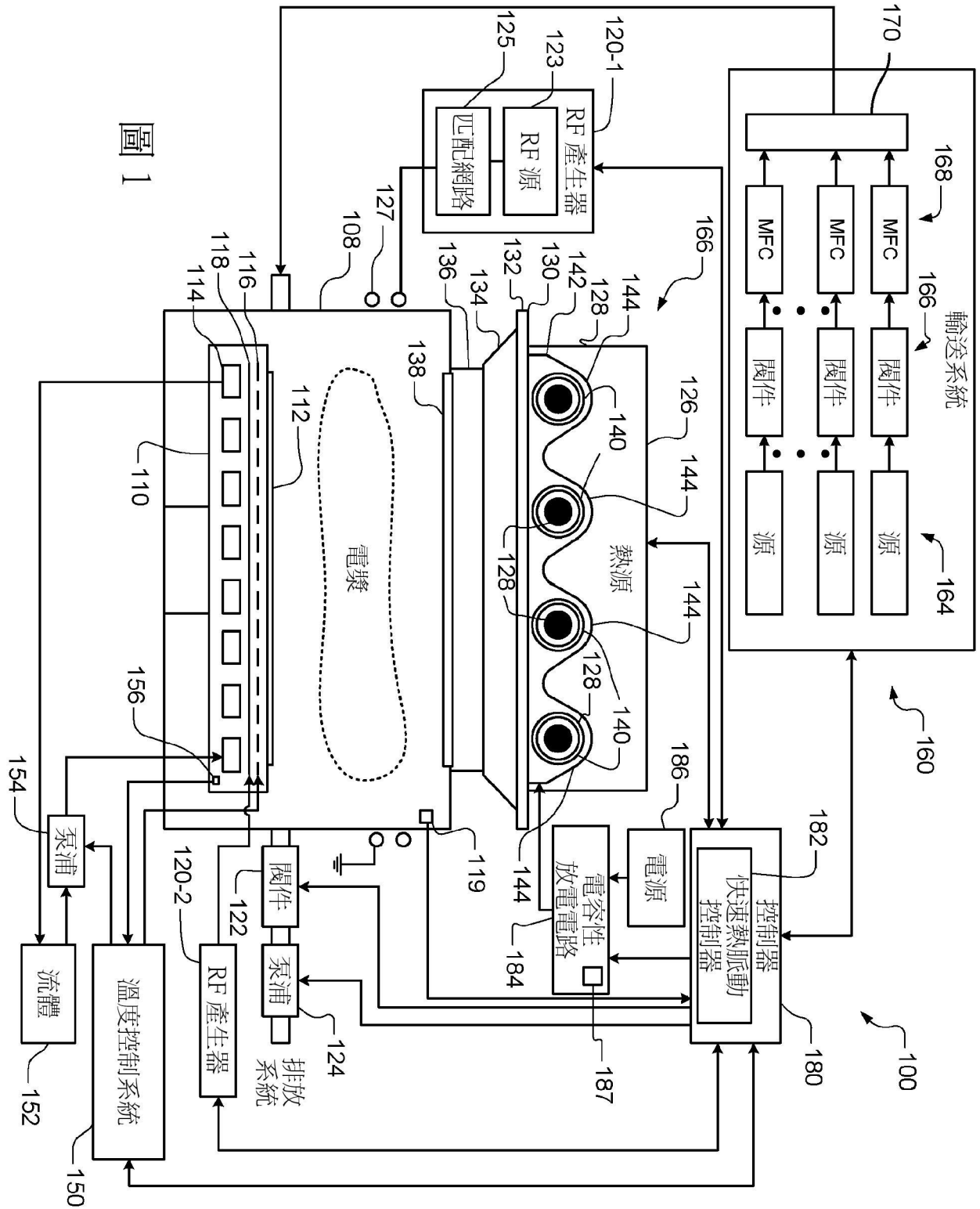


圖 1

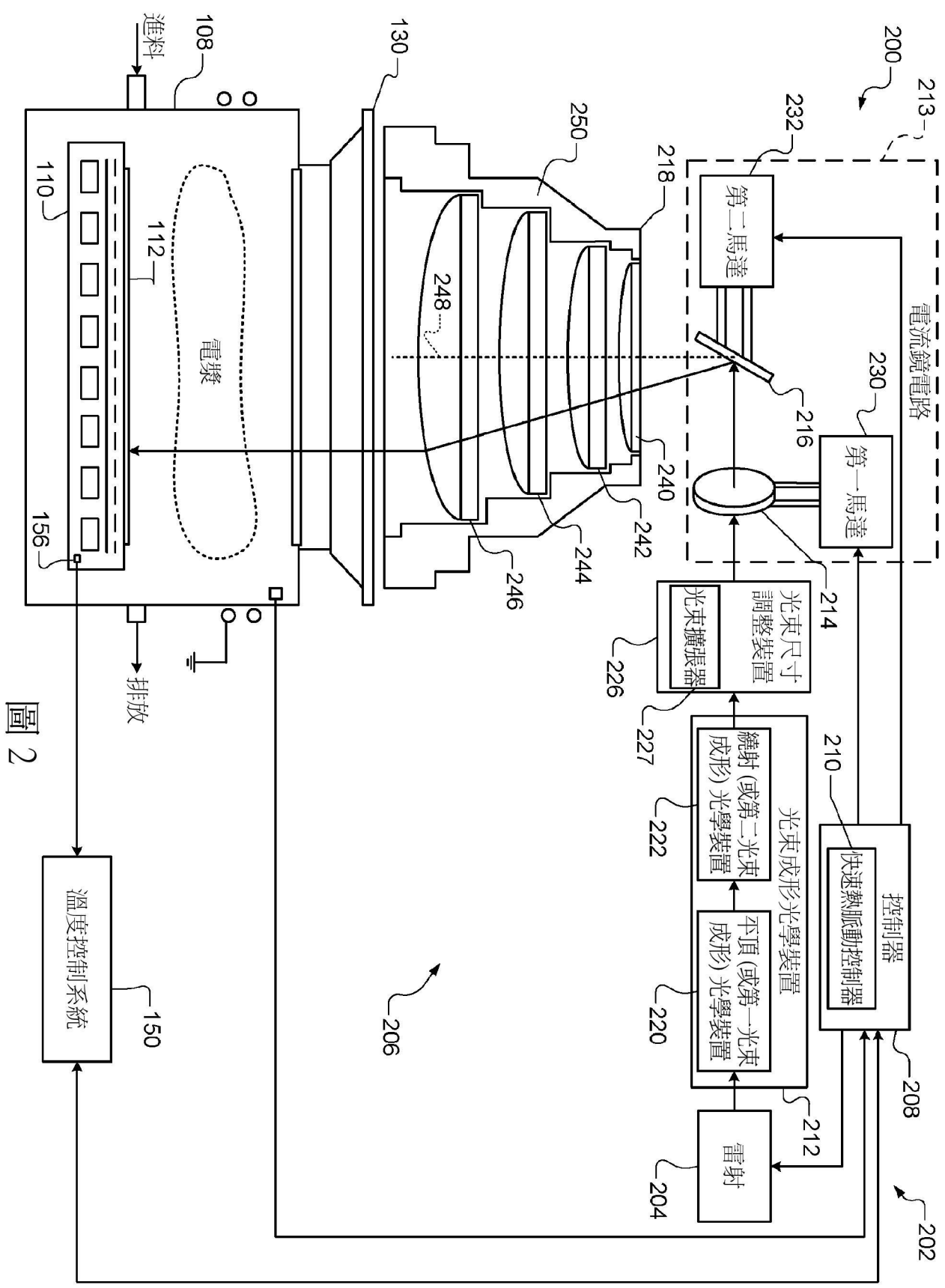


圖 2

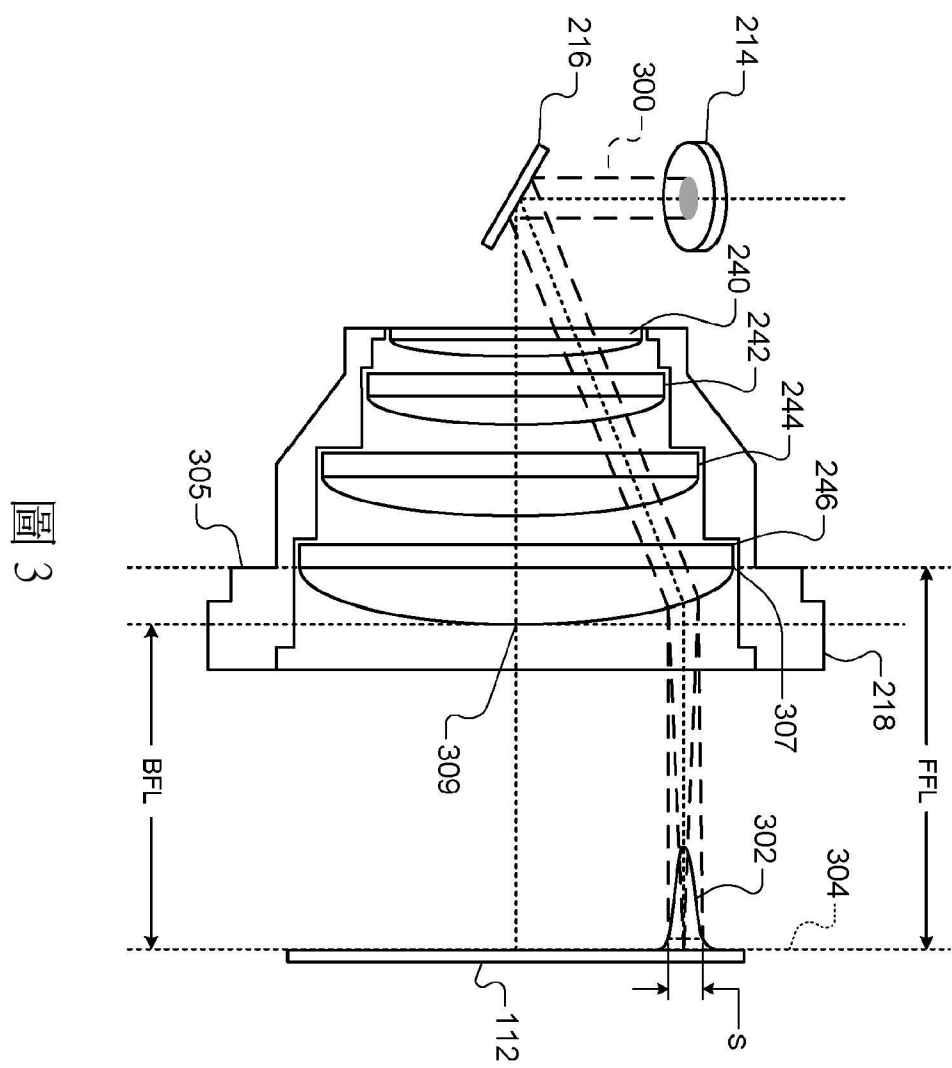


圖 3

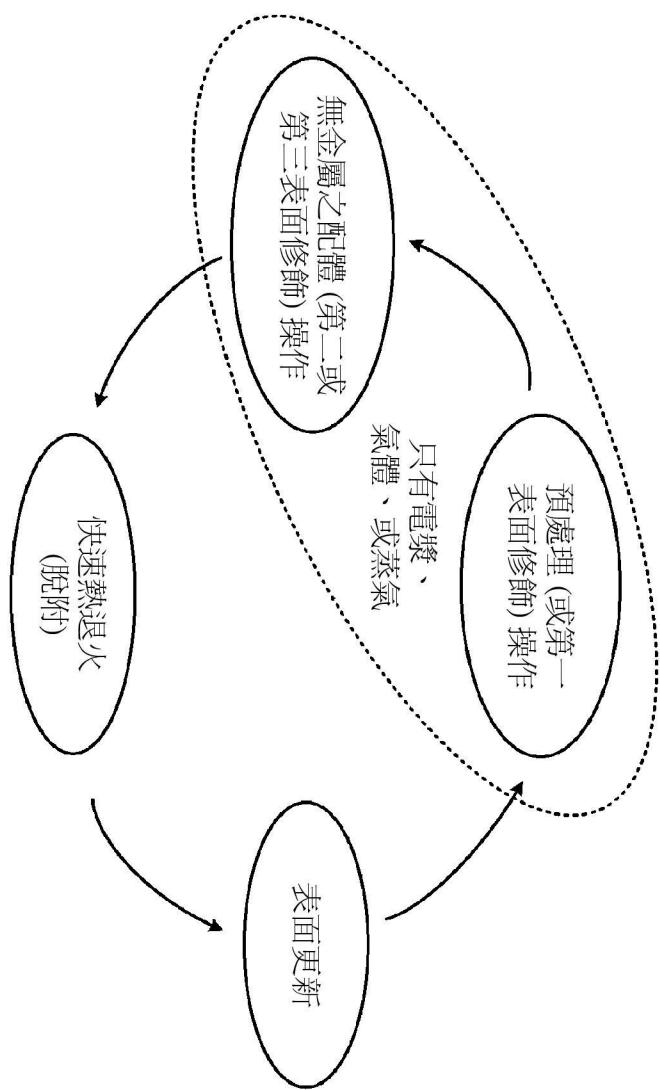


圖 4

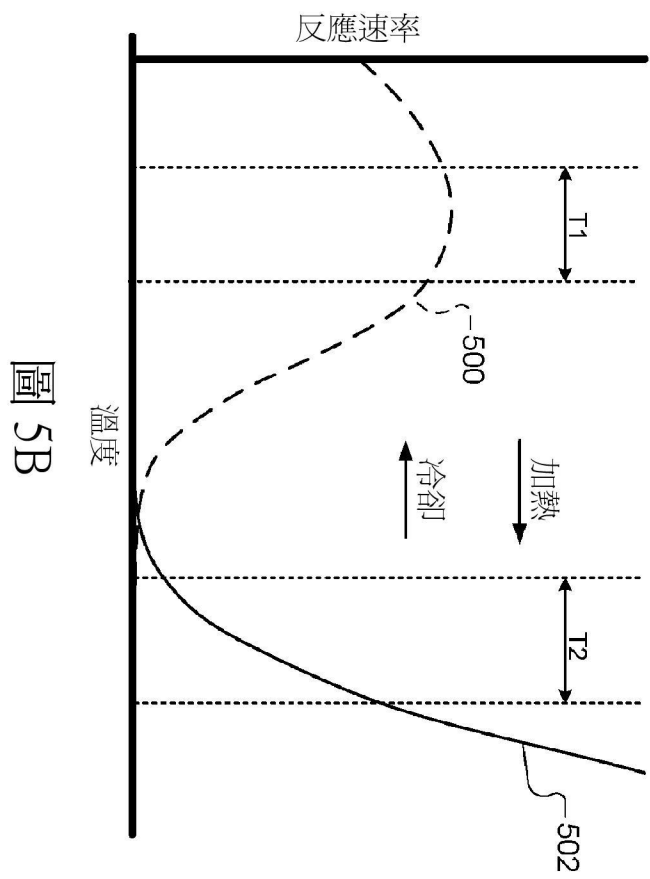


圖 5B

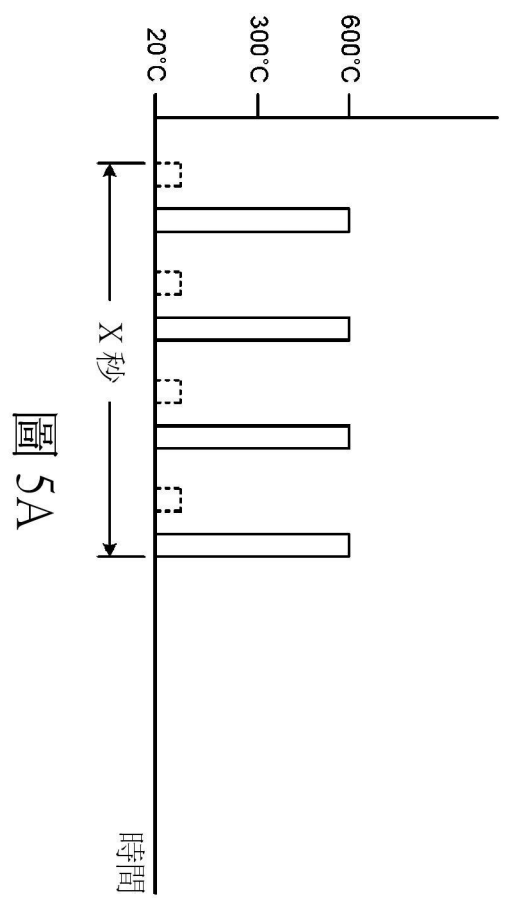


圖 5A

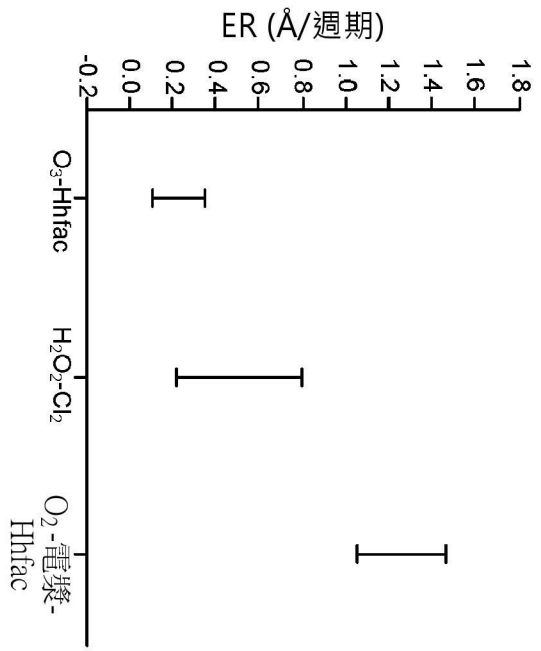


圖 6

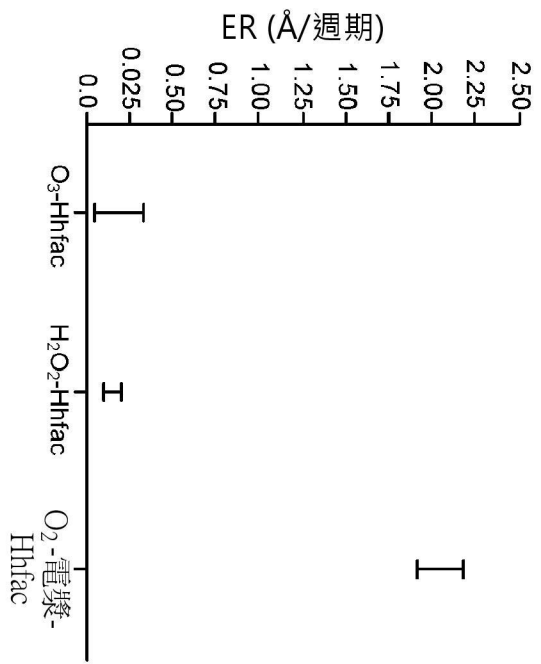


圖 7

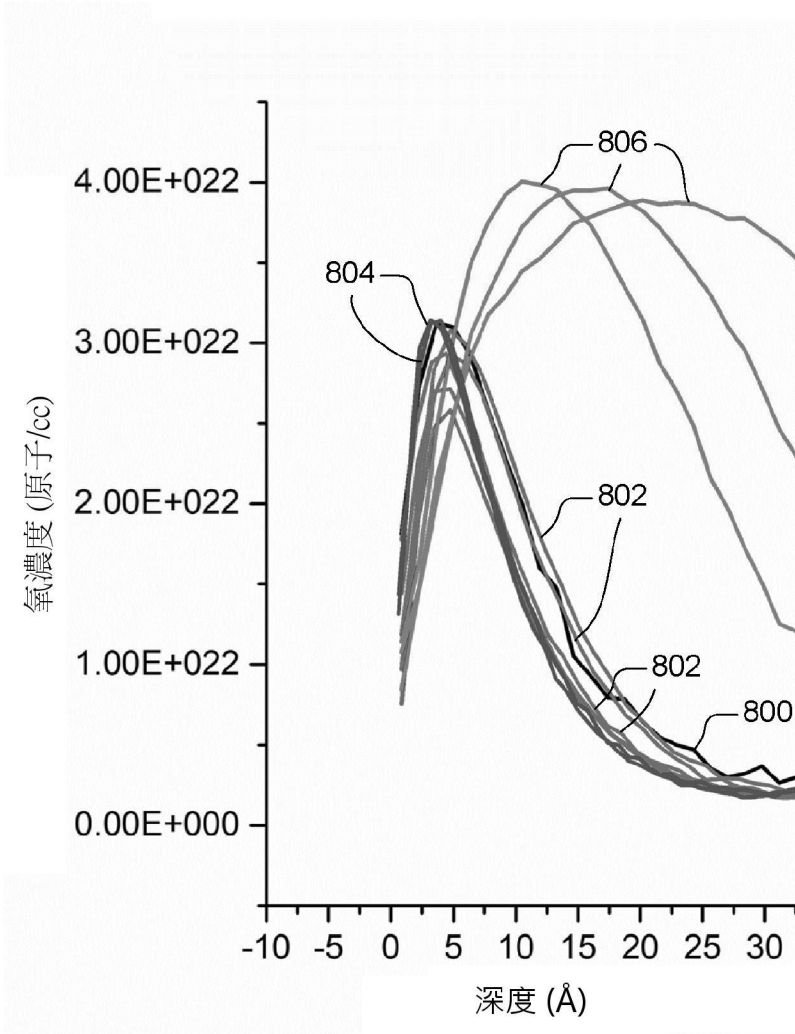


圖 8

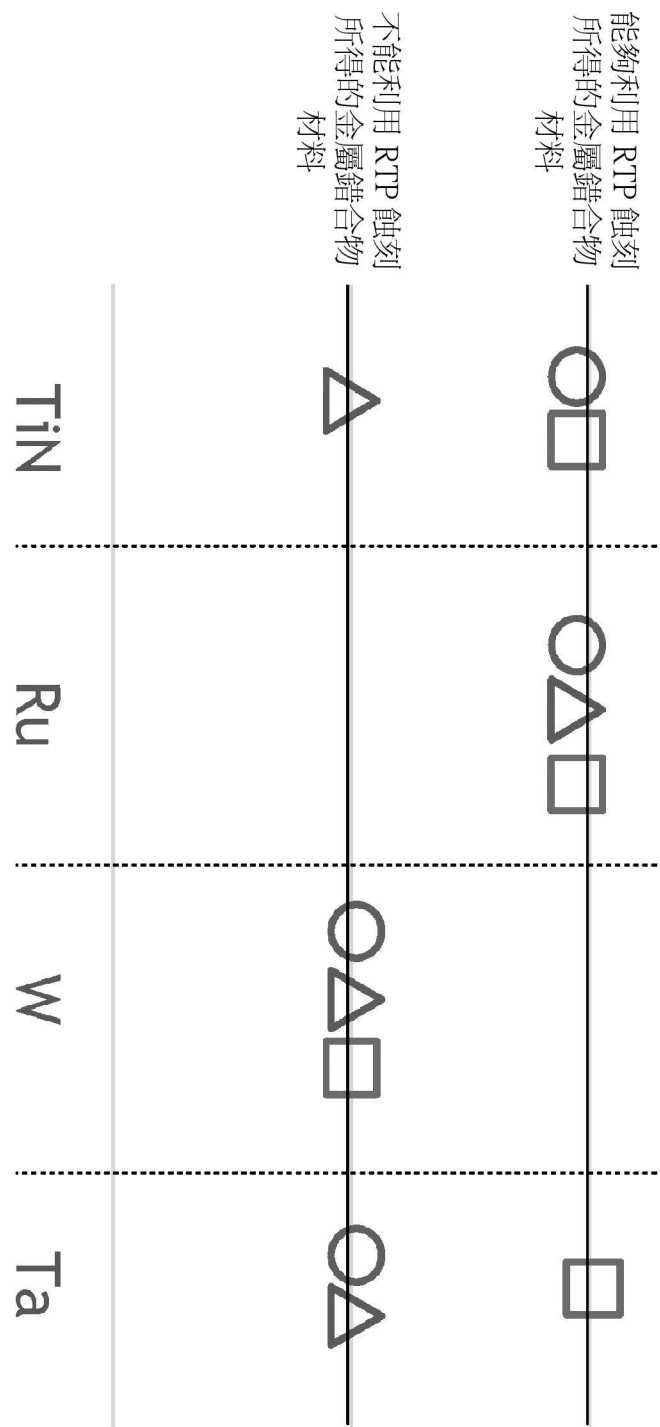


圖 9

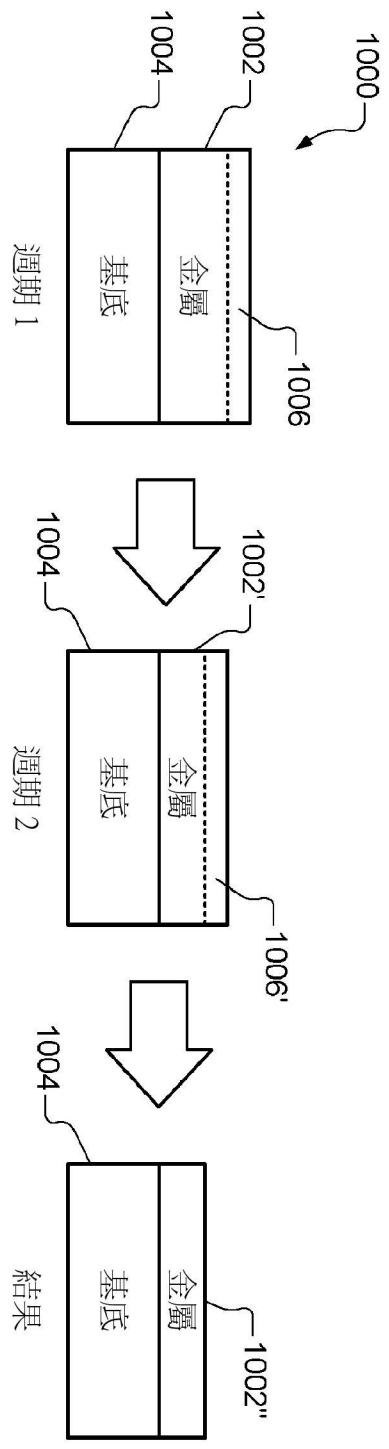


圖 10

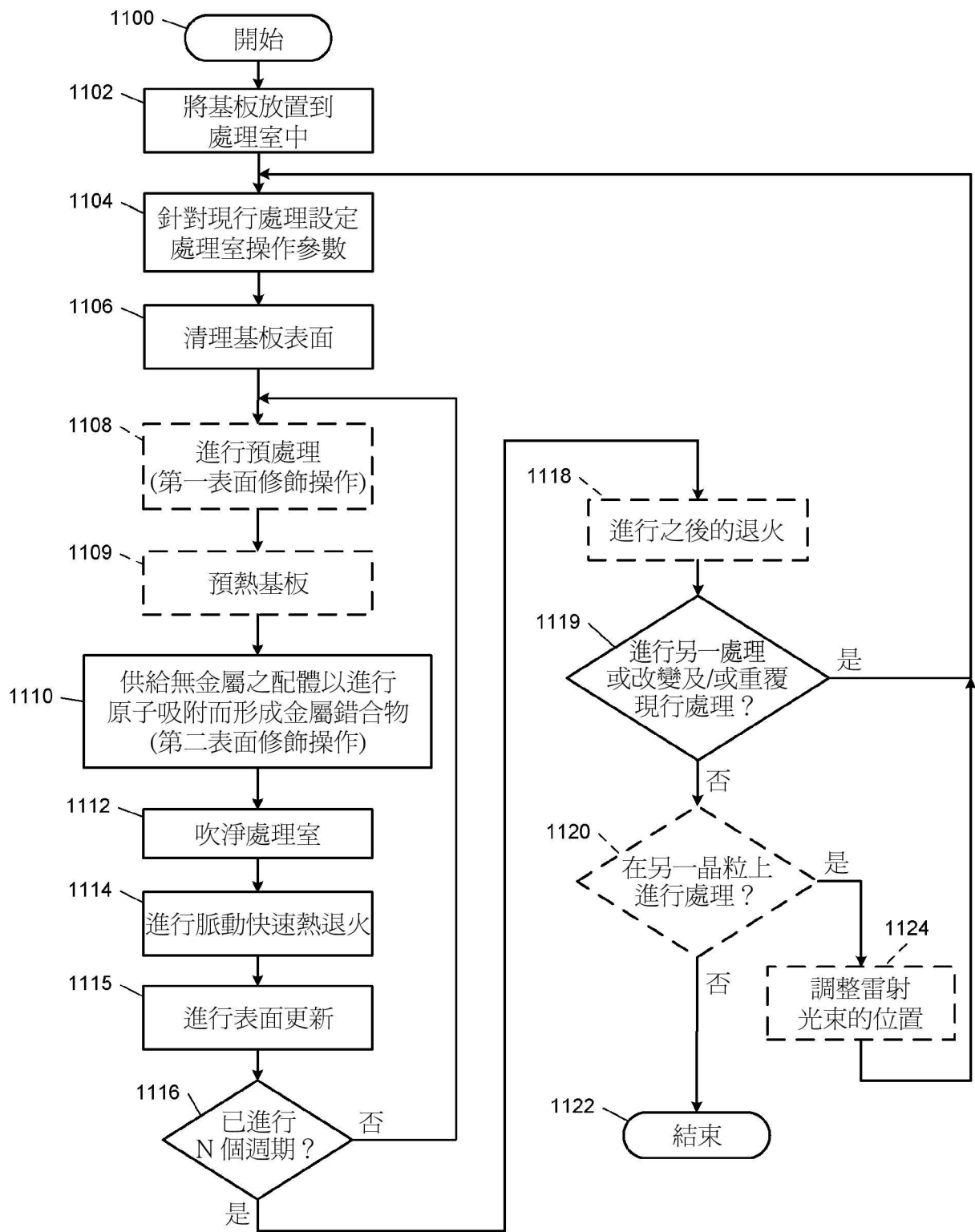


圖 11

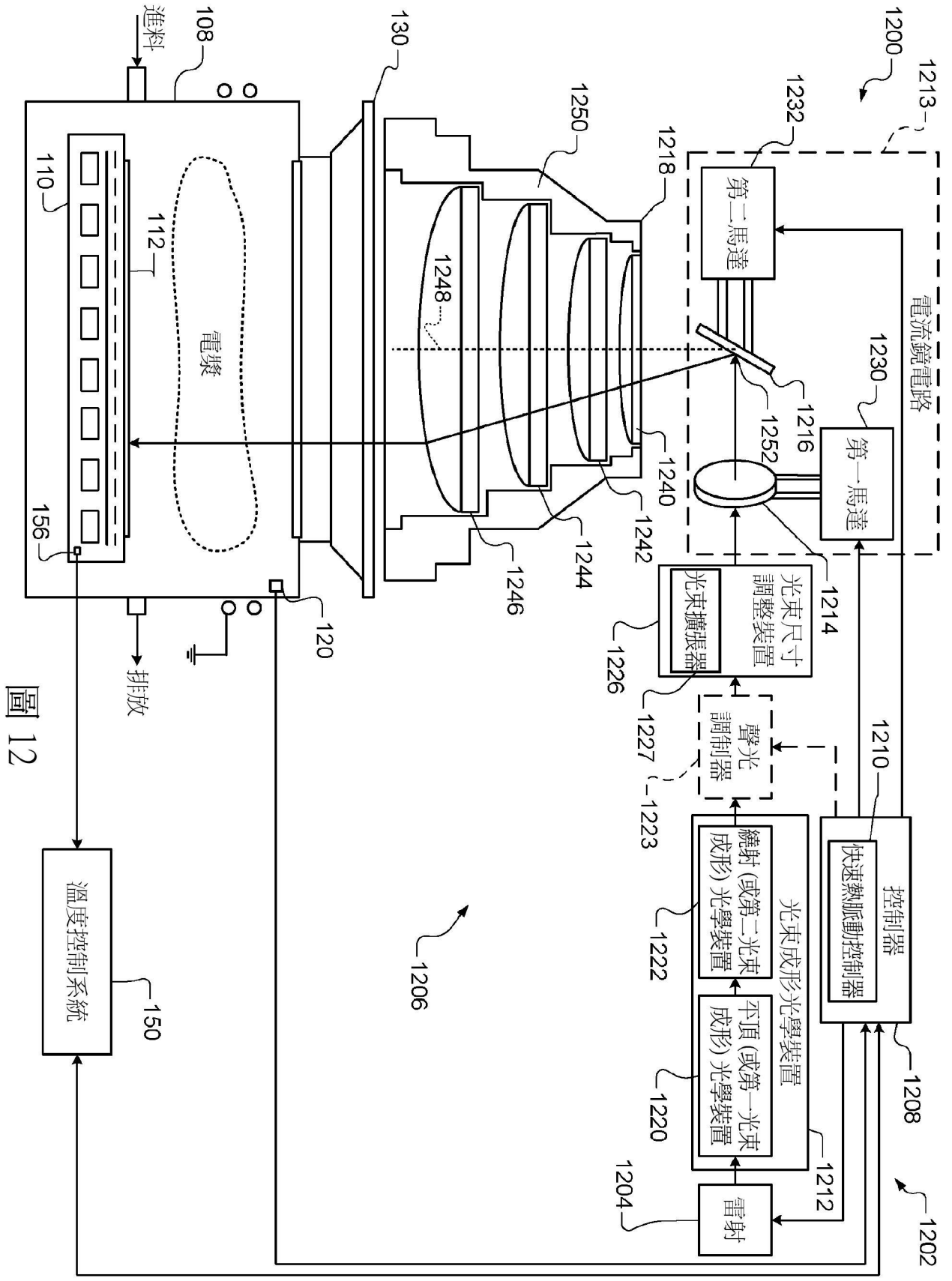


圖 12

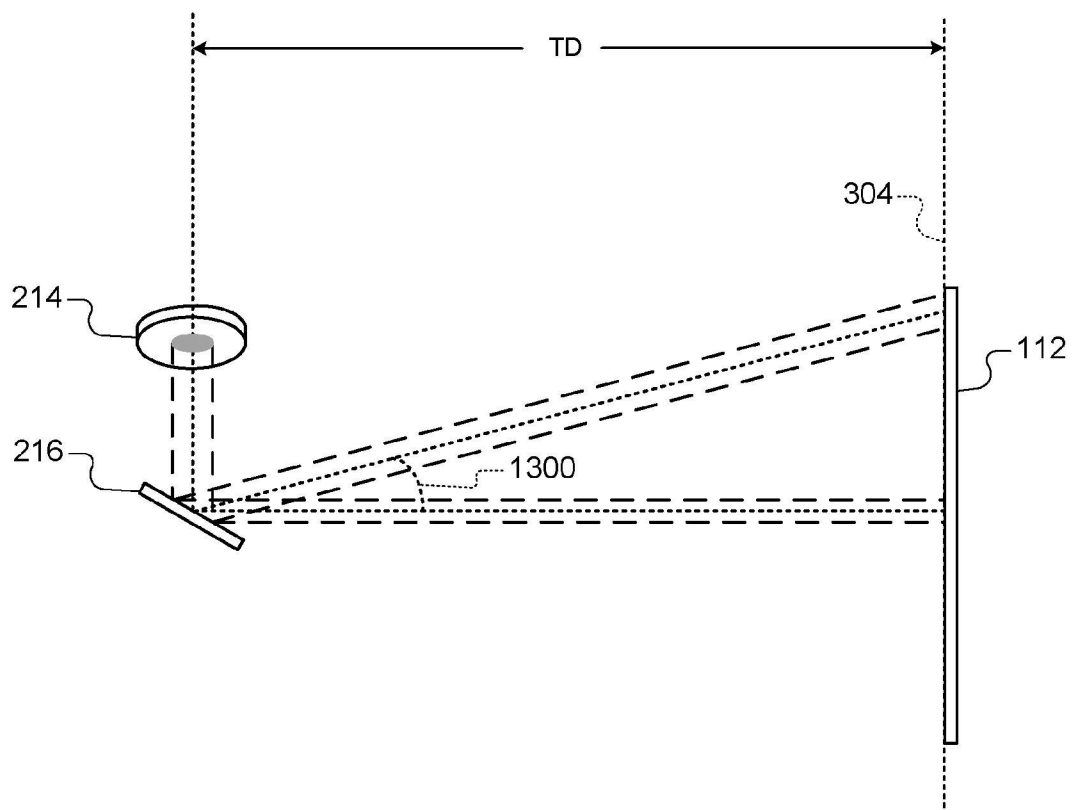


圖 13

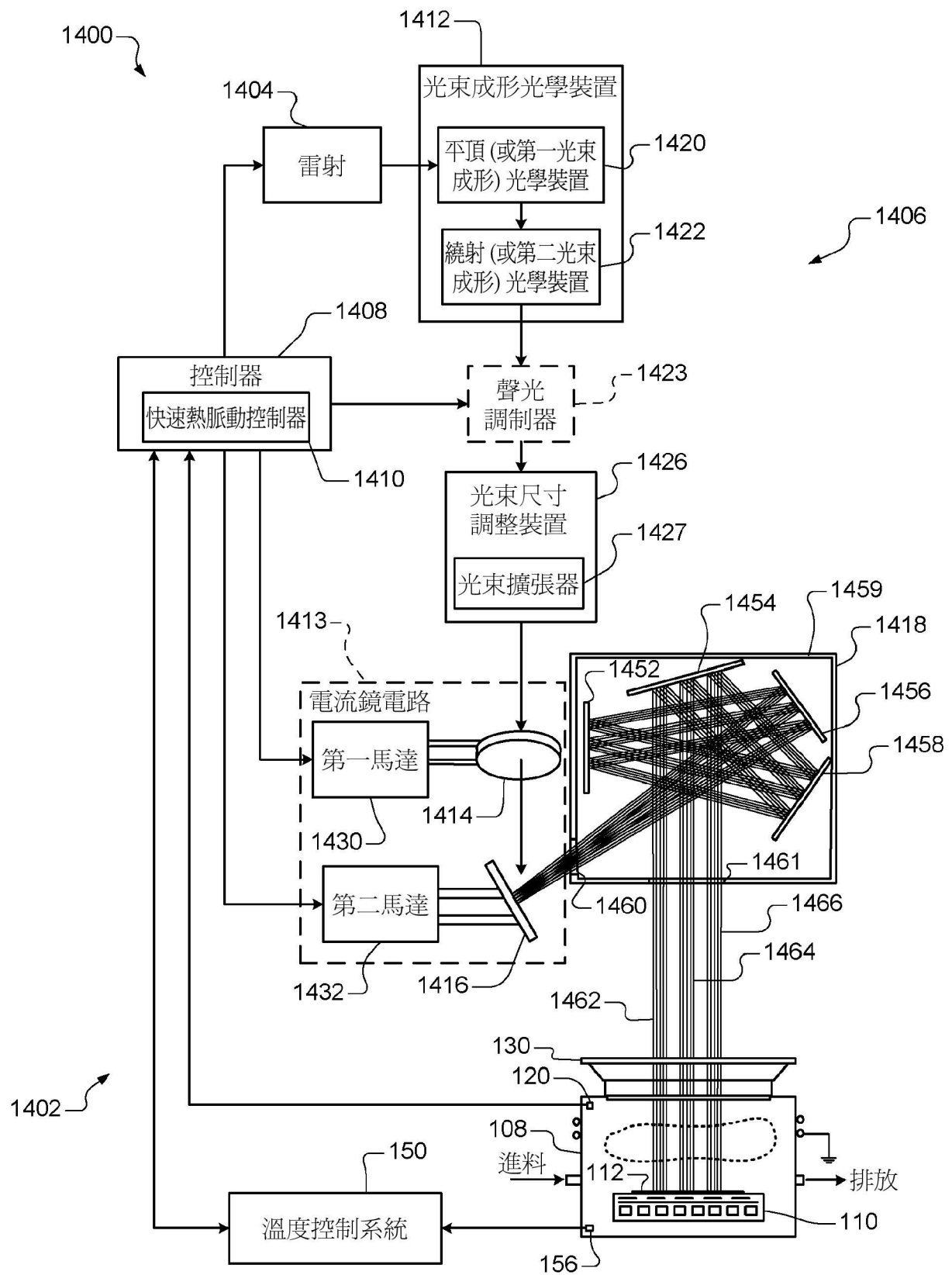


圖 14

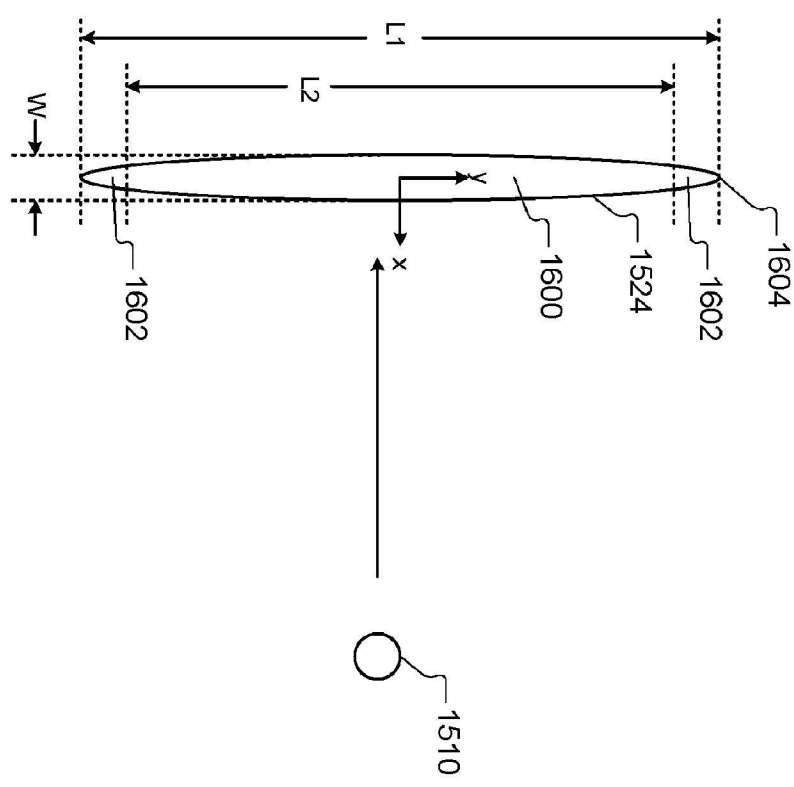


圖 16

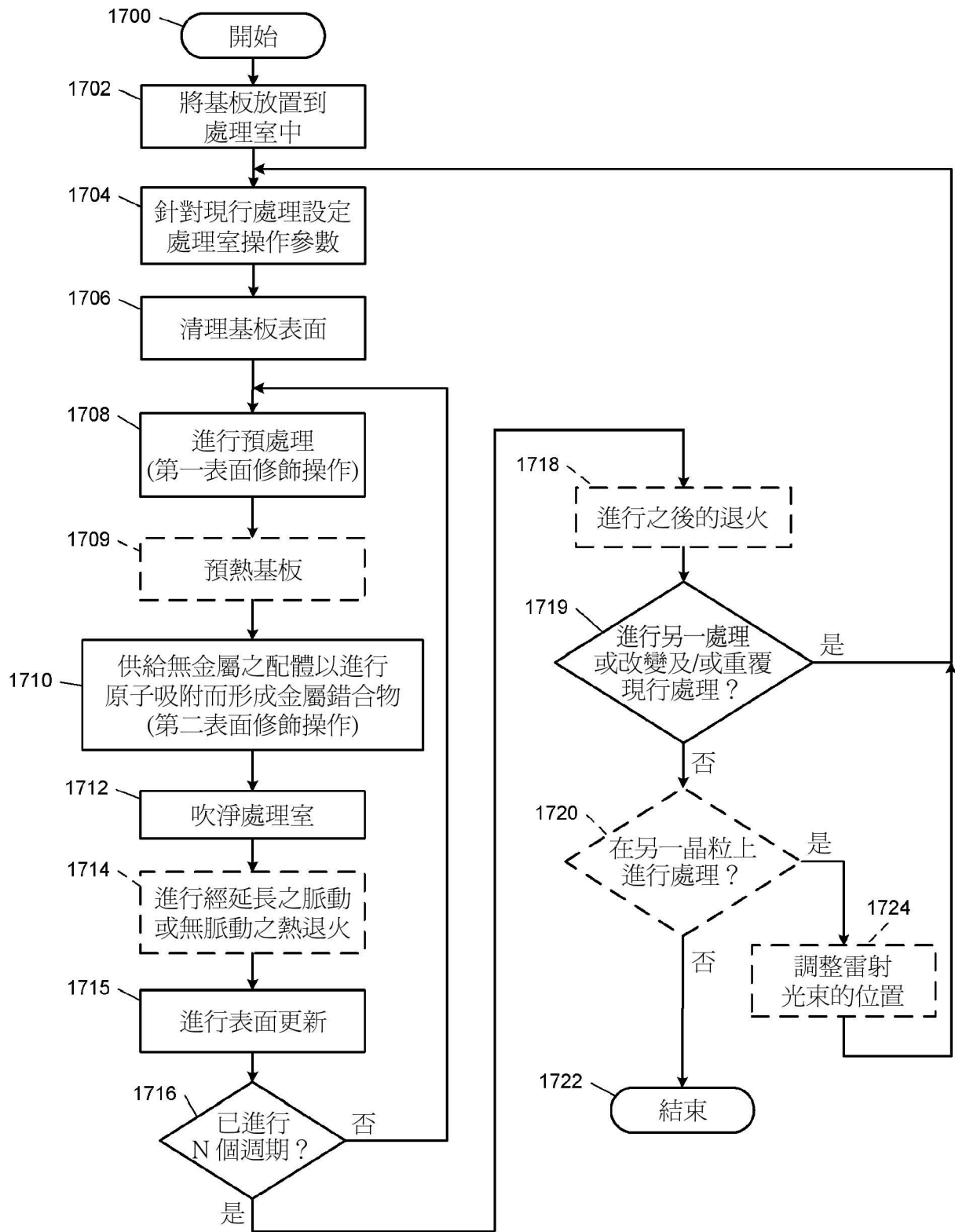


圖 17

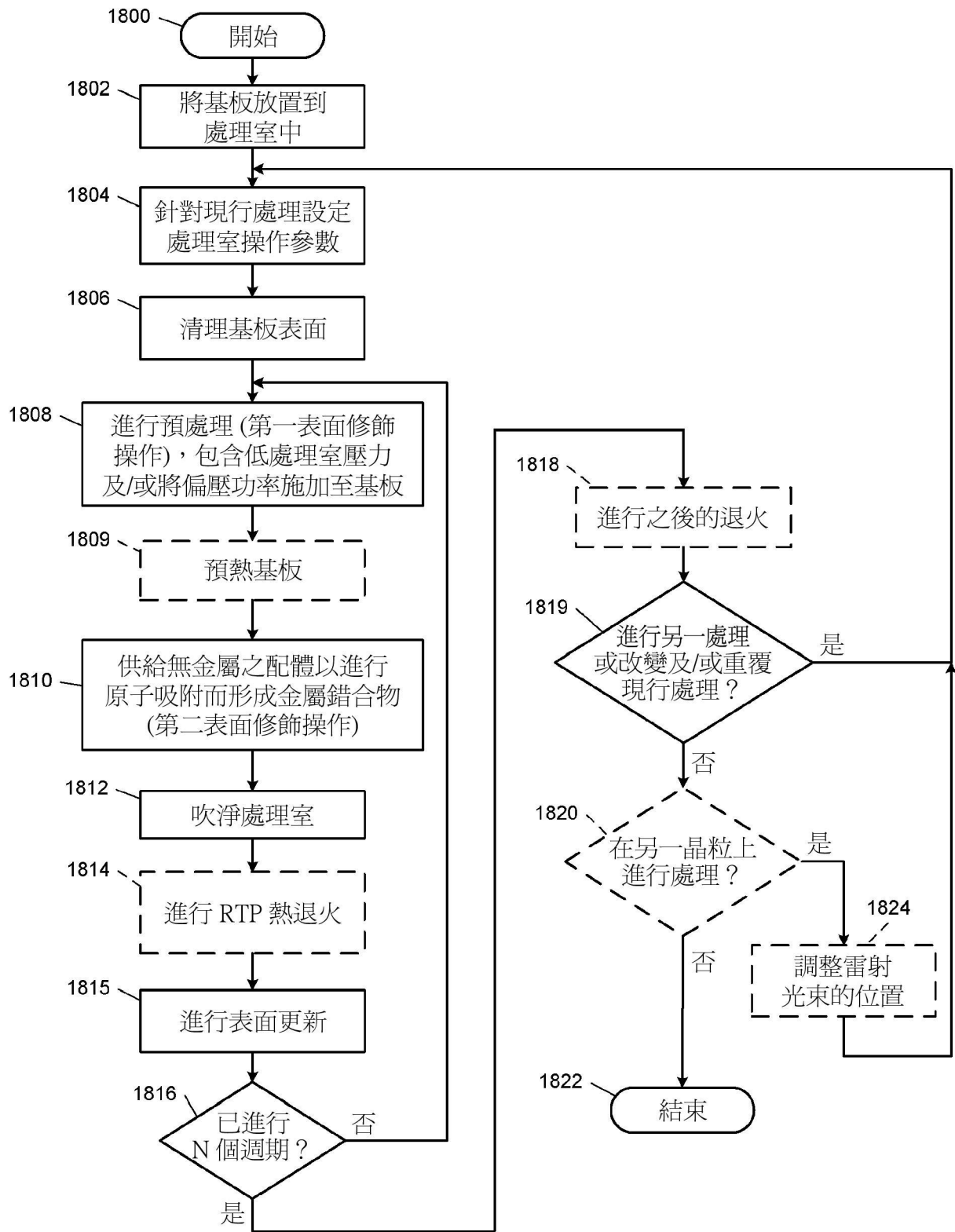


圖 18

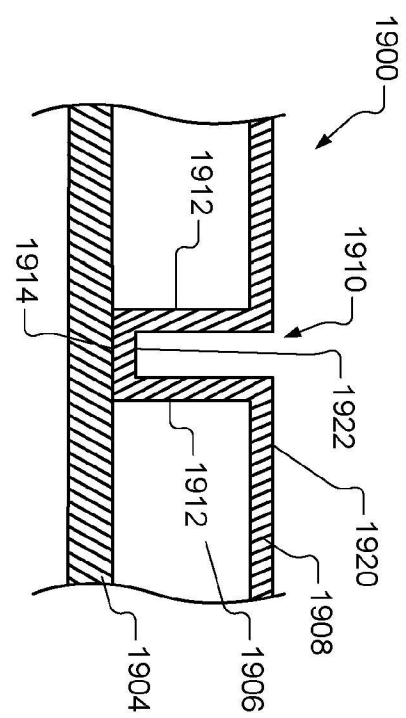


圖 19A

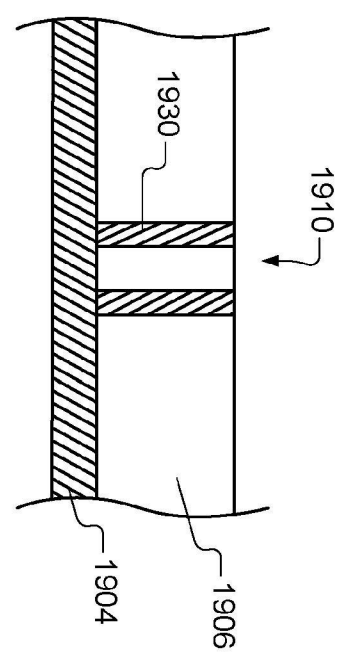


圖 19B

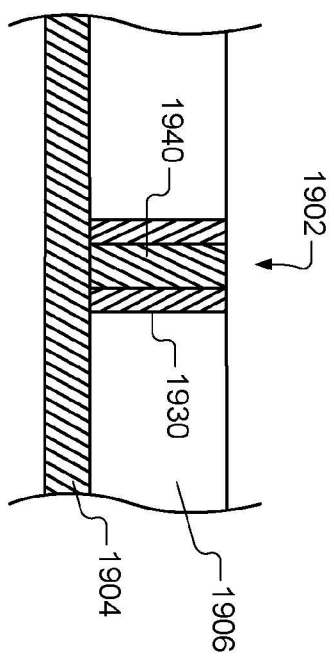


圖 19C