



(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 I602941 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 10 月 21 日

(21)申請案號：098142115

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 09 日

(51)Int. Cl. : C23C16/01 (2006.01)

C23C16/14 (2006.01)

C23C16/54 (2006.01)

(30)優先權：2008/12/10 美國

12/332,017

2009/08/04 美國

12/535,377

(71)申請人：諾菲勒斯系統公司 (美國) NOVELLUS SYSTEMS, INC. (US)

美國

(72)發明人：錢德拉雪卡 雅南德 CHANDRASHEKAR, ANAND (IN)；胡馬言 拉席娜

HUMAYUN, RAASHINA (IN)；丹尼克 麥可 DANEK, MICHAL (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 5866483

US 6683000B2

US 7193369B2

審查人員：鍾文正

申請專利範圍項數：32 項 圖式數：11 共 47 頁

(54)名稱

在填縫應用中沈積具有低電阻率的鎢膜之方法

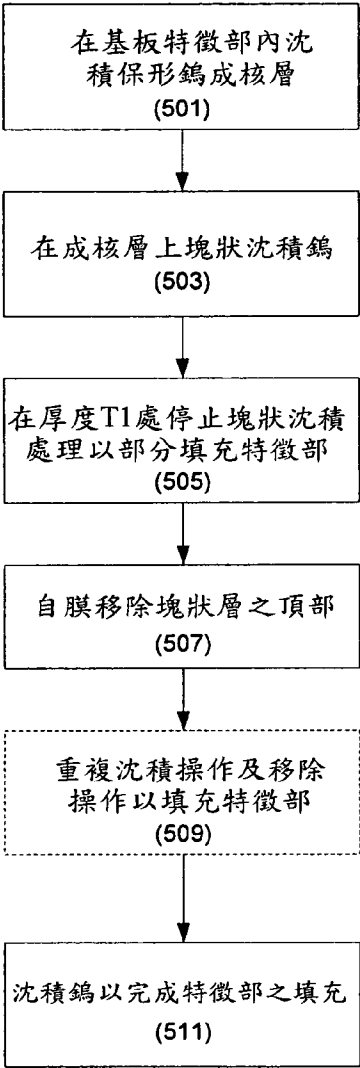
METHODS FOR DEPOSITING TUNGSTEN FILMS HAVING LOW RESISTIVITY FOR GAPFILL APPLICATIONS

(57)摘要

本發明提供一種填充基板上之縫隙及凹陷特徵部的方法。根據各實施例，該等方法包括塊狀沈積鎢以部分填充特徵部，接著移除經沈積鎢之一頂部。在特定實施例中，藉由將該基板暴露於活性氟種來移除該頂部。藉由選擇性地移除經沈積鎢細粒的鋒利及凸出尖端，該移除操作沿該特徵部側壁而拋光該鎢。可使用多個沈積移除循環以關閉該特徵部。該經填充特徵部不易在化學機械平面化 (CMP) 期間核化。本發明亦提供增大鎢膜之反射率以形成具有高反射率、低電阻率及低粗糙度之膜的自上而下方法。

Methods of filling gaps or recessed features on substrates are provided. According to various embodiments, the methods involve bulk deposition of tungsten to partially fill the feature followed by a removing a top portion of the deposited tungsten. In particular embodiments, the top portion is removed by exposing the substrate to activated fluorine species. By selectively removing sharp and protruding peaks of the deposited tungsten grains, the removal operation polishes the tungsten along the feature sidewall. Multiple deposition-removal cycles can be used to close the feature. The filled feature is less prone to coring during CMP. Also provided are top-down methods of increasing reflectivity of tungsten films to form films having high reflectivity, low resistivity and low roughness.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 501 . . . 在基板特徵部內沈積保形鎢成核層
- 503 . . . 在成核層上塊狀沈積鎢
- 505 . . . 在厚度 T1 處停止塊狀沈積處理以部分填充特徵部
- 507 . . . 自膜移除塊狀層之頂部
- 509 . . . 重複沈積操作及移除操作以填充特徵部
- 511 . . . 沈積鎢以完成特徵部之填充

圖 5

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98142115

※申請日：98.12.9

※IPC 分類：

C23C 16/01 (2006.01)
C23C 16/14 (2006.01)
C23C 16/54 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

在填縫應用中沈積具有低電阻率的鎢膜之方法

METHODS FOR DEPOSITING TUNGSTEN FILMS HAVING LOW
RESISTIVITY FOR GAPFILL APPLICATIONS

二、中文發明摘要：

本發明提供一種填充基板上之縫隙及凹陷特徵部的方
法。根據各實施例，該等方法包括塊狀沈積鎢以部分填充
特徵部，接著移除經沈積鎢之一頂部。在特定實施例中，
藉由將該基板暴露於活性氟種來移除該頂部。藉由選擇性
地移除經沈積鎢細粒的鋒利及凸出尖端，該移除操作沿該
特徵部側壁而拋光該鎢。可使用多個沈積移除循環以關閉
該特徵部。該經填充特徵部不易在化學機械平面化(CMP)
期間核化。本發明亦提供增大鎢膜之反射率以形成具有高
反射率、低電阻率及低粗糙度之膜的自上而下方法。

三、英文發明摘要：

Methods of filling gaps or recessed features on substrates are provided. According to various embodiments, the methods involve bulk deposition of tungsten to partially fill the feature followed by a removing a top portion of the deposited tungsten. In particular embodiments, the top portion is removed by exposing the substrate to activated fluorine species. By selectively removing sharp and protruding peaks of the deposited tungsten grains, the removal operation polishes the tungsten along the feature sidewall. Multiple deposition-removal cycles can be used to close the feature. The filled feature is less prone to coring during CMP. Also provided are top-down methods of increasing reflectivity of tungsten films to form films having high reflectivity, low resistivity and low roughness.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (5) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 501 在基板特徵部內沈積保形鎢成核層
- 503 在成核層上塊狀沈積鎢
- 505 在厚度T1處停止塊狀沈積處理以部分填充
 特徵部
- 507 自膜移除塊狀層之頂部
- 509 重複沈積操作及移除操作以填充特徵部
- 511 沈積鎢以完成特徵部之填充

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於膜沈積，及特定言之，本發明係關於在一基板上之鎢膜沈積。

【先前技術】

使用化學氣相沈積(CVD)技術來沈積鎢膜為許多半導體製造程序之一整合部分。鎢膜可用作為水平互連形式的低電阻率電連接件、介於相鄰金屬層之間的通孔及介於一第一金屬層與矽基板上之裝置之間的觸點。在一習知鎢沈積處理中，在一真空腔室內將晶圓加熱至處理溫度，且接著沈積充當一種子層或成核層的鎢膜之一極薄部分。而後，將該鎢膜(塊狀層)之剩餘部分沈積在該成核層上。通常，藉由在成長鎢層上用氫氣(H_2)還原六氟化鎢(WF_6)而形成該鎢塊狀層。

【發明內容】

提供填充在基板上之縫隙或凹陷特徵部的方法。根據各實施例，該等方法包括塊狀沈積鎢以部分填充該特徵部，接著移除經沈積鎢的一頂部。在特定實施例中，藉由將該基板暴露於活性氟種而移除該頂部。藉由選擇性移除經沈積鎢細粒的鋒利及凸出尖端，該移除操作沿該特徵部側壁而拋光該鎢。多個沈積移除循環可用以關閉該特徵部。經填充特徵部不易於在CMP期間核化。

亦提供增大鎢膜之反射率以形成具有高反射率、低電阻率及低粗糙度之膜的自上而下方法。該等方法包括塊狀沈

積鎢，接著移除經沈積鎢的一頂部。在特定實施例中，移除經沈積鎢的一頂部包括將該鎢暴露於含氟電漿。該等方法產生具有較低粗糙度及較高反射率的低電阻率鎢塊狀層。該等光滑及高反射鎢層比習知的低電阻率鎢膜更易於光圖案化。應用包含形成鎢位元線。

在某些實施例中，提供沈積鎢膜之方法(包括化學氣相沈積)。(例如)使用 NF_3 遠端電漿來回蝕經沈積膜。藉由蝕刻掉主導該經沈積膜表面的鋒利鎢尖端及其他非均勻部分而改良鎢膜之粗糙度及反射率。另外，改良具有相同最終厚度的一經勻稱沈積膜之電阻率。不像先前之增大電阻率的降低粗糙度方法，在本文中所描述之方法中同時改良電阻率及粗糙度。

【實施方式】

如果結合圖式一起考量，則可更全面地理解以下詳細描述。

在以下描述中，闡明許多具體細節以提供針對形成薄鎢膜的本發明之一完全理解。熟習此項技術者將明白本文中所描述及所繪示之具體方法及結構之修飾、適應或變動且該等修飾、適應或變動係在本發明之範圍內。

本發明之實施例包括沈積具有低電阻率及低粗糙度的鎢層。在先前處理中，鎢膜之電阻率與粗糙度已為反相關；減小電阻率導致粗糙度增大，反之亦然。因此，對於500埃或更厚的低電阻率鎢膜而言，粗糙度對膜厚度之均方根(RMS)百分比可超過10%。減小膜之粗糙度使隨後之操作

(包含圖案化)更容易。

在某些實施例中，所描述之方法亦提供高反射膜。用於塊狀鎢層的習知處理包括在化學氣相沈積(CVD)處理中氫還原含鎢前驅物。藉由習知之氫還原CVD而成長的1000埃膜之反射率為110%或小於一矽表面之反射率。然而，在某些應用中需要具有更大反射率的鎢膜。例如，具有低反射率及高粗糙度的鎢膜可使光圖案化鎢(例如)以形成位元線或其他結構更困難。

在2008年8月29日申請的且以引用方式併入本文中的題名為「減小鎢粗糙度及改良反射率之方法(Method For Reducing Tungsten Roughness And Improving Reflectivity)」的美國專利案第12/202,126號中描述沈積具有低電阻率的反射鎢膜之方法，該等方法包括在存在交替氮氣脈衝的情況下CVD沈積鎢。用於減小粗糙度、改良反射率或減小電阻率的其他先前技術包括調整處理化學物。然而，在某些應用中，不可期望將氮或其他修飾物添加至處理化學物。例如，由於存在不相容元件所致的階梯覆蓋、填塞退化及電性能退化起因於此等自下而上方法。相比之下，本文中所描述之方法可與無需調整的任何沈積化學物一起使用。在某些實施例中，例如，在沈積期間不存在氮暴露。

在某些實施例中，本文中所提供之方法包括經由在一基板上之化學氣相沈積而塊狀沈積一鎢層，接著回蝕一經沈積塊狀層之一頂部。所得之鎢膜具有與藉由習知大細粒鎢CVD處理所沈積之一膜之電阻率相當的電阻率，但具有更

高得多的反射率及更低的粗糙度。

圖1繪示根據本發明之某些實施例之一處理。該處理以在一基板上沈積一鎢成核層為開始。方塊101。一般而言，一成核層為用來便於在其上隨後形成一塊狀材料的一薄保形層。在某些實施例中，使用一脈衝成核層(PNL)技術來沈積該成核層。在一PNL技術中，先後注入還原劑、惰性氣體及含鎢前驅物之脈衝且自反應腔室中將其等清除。以一循環方式重複該處理直至實現期望之厚度。PNL廣泛包含在一半導體基板上先後添加用於反應之反應物的任何循環處理。

PNL技術尤其可用於沈積在小特徵部內之低電阻率膜。隨著特徵部變得更小，由於在較薄鎢膜內之散射效應所致而增大鎢(W)接觸電阻或線電阻。雖然有效的鎢沈積處理需要鎢成核層，但此等通常具有比塊狀鎢層高的電阻率。低電阻率鎢膜使積體電路設計中之功率損耗及過熱最小化。因為 $\rho_{\text{成核}} > \rho_{\text{塊狀}}$ ，所以成核層之厚度應經最小化以保持總電阻儘可能低。鎢成核亦應足夠厚以完全覆蓋下方基板以支持高品質塊狀沈積。

在以引用方式併入本文中的美國專利申請案第12/030,645號、第11/951,236號及第61/061,078號中描述用於沈積具有低電阻率及支援低電阻率鎢塊狀層之沈積的鎢成核層之PNL技術。在美國專利第6,635,965號、第6,844,258號、第7,005,372號及第7,141,494號中以及在亦以引用方式併入本文中的美國專利申請案第11/265,531號

可發現關於PNL型處理的額外論述。在某些實施例中，在鎢成核層沈積期間或在鎢成核層沈積後執行低電阻率處理操作。本文中所描述之方法不限於一特定的鎢成核層沈積方法，但包含在藉由任何方法(包含PNL、原子層沈積(ALD)、CVD及任何其他方法)所形成之鎢成核層上之沈積塊狀鎢膜。

返回至圖1，在鎢成核層被沈積且任何期望之處理已被執行後，厚度為T1的一塊狀鎢層被沈積在該成核層上。方塊103。厚度T1通常大於期望之總厚度Td，因為在蝕刻操作期間移除該層之部分。塊狀沈積包括一化學氣相沈積(CVD)處理，其中氫還原一含鎢前驅物以沈積鎢。雖然通常使用六氟化鎢(WF₆)，但可用其他鎢前驅物(包含(但不限於)WCl₆)來執行該處理。另外，雖然在塊狀鎢層之CVD沈積中一般用氫作為還原劑，但在不背離本發明之範圍的情況下可另外使用或取代氫而使用其他還原劑(包含矽烷)。在另一實施例中，W(CO)₆可與還原劑或不與還原劑一起使用。與上述之PNL處理不同，在一CVD技術中，WF₆及H₂或其他反應物被同時引入反應腔室。此產生在基板表面上連續形成鎢膜的混合反應氣體之一連續化學反應。

一旦沈積了一具有厚度T1之層，即停止塊狀沈積處理。方塊105。如以下進一步論述，T1係大於最終期望之厚度Td。接著移除或回蝕該層之一頂部。方塊107。在某些實施例中，蝕刻處理包括電漿蝕刻。此可包括自一遠端電漿產生器中引進活性種(包含基、離子及/或高能量分子)。在

某些實施例中，移除處理包括氟基電漿蝕刻，例如遠端 NF_3 電漿蝕刻。以下進一步論述回蝕之程度，雖然在某些實施例中，於操作103中沈積之層之約10%被移除。

接著停止氟活性種(或其他種，取決於移除化學物)之流動。如果回蝕後之經沈積厚度係期望的總厚度，則處理到此完成。在某些實施例中，執行至少一個額外的沈積處理循環以沈積鎢層。

上述方法產生的膜比藉由習知方法所沈積之具有相同厚度的膜具有更高反射率及更低粗糙度。例如，在一試驗中，未經沈積之一1940埃膜的反射率(相較於一裸矽晶圓)為103%。在暴露於遠端 NF_3 電漿以移除200埃後，反射率為115%。相比之下，藉由CVD所沈積且沒有回蝕之一1720埃膜具有106%的反射率。另外，蝕刻鎢膜之電阻率低於具有相同厚度之一習知經沈積膜——在某些實施例中，約低20%。此具有重大意義，因為在習知方法中，反射率的增大係伴隨著電阻率的增大。

通常，低電阻率係藉由大細粒成長來實現，而光滑度及高反射率係藉由使用小細粒沈積來實現。鎢細粒成長發生在橫向方向及垂直方向。在某些實施例中，本文中所描述之方法包括在一塊狀沈積處理中成長大細粒鎢。在沈積後，選擇性蝕刻經垂直定向的細粒成長。在蝕刻後，大的經橫向定向的成長保持不變，提供低電阻率，而反射率被增大且粗糙度被顯著降低。此係圖解闡釋於圖2中，該圖繪示在氟基遠端蝕刻前(201)及在氟基遠端蝕刻後(203)之

鎢層的示意圖。在203處所繪示之層約為在201中所繪示之層的90%。在蝕刻前，存在鋒利尖端，如尖端205。此等尖端導致隨後之微影圖案化的困難。然而，在蝕刻後，細粒輪廓更為平坦，使表面更具反射性)。

蝕刻處理不僅導致比未經蝕刻層201更具反射性之一表面，如圖2中所繪示，亦改良具有相當厚度之一膜的電阻率及粗糙度。圖3為一圖表，其繪示藉由一習知方法(針對指示之厚度的CVD沈積)之未經沈積之不同厚度之膜的反射率及藉由本發明之一實施例(針對指示之厚度之1940埃的CVD沈積加上回蝕)之未經沈積之膜的反射率。粗略的趨勢線301及303分別繪示用於習知沈積之為厚度之函數的反射率及用於沈積加上回蝕之為厚度之函數的反射率。從圖中可見，相較於習知層，自蝕刻一不顯著部分(在305)至蝕刻約200埃，存在反射率之一快速增大。接著，隨著更多膜被蝕刻，反射率的改良變得平緩。一最大影響區域(指示為307)係繪示於導致反射率之最大改良的蝕刻操作中之所移除之厚度的範圍。此對應於未經沈積膜厚度之約10%。因此，在某些實施例中，最終膜厚度為未經沈積膜厚度的約75%至約95%，或更特定言之為80%至95%之間。在不受限於一特定理論的情況下，據信最大回蝕影響區域對應於被移除之未經沈積膜的尖端。自上而下蝕刻操作選擇性移除尖端，因為在未經沈積膜之尖端周圍存在更多表面區域。藉由在較低區域被蝕刻前停止蝕刻處理而僅移除尖端，使得細粒的橫向成長不受影響。然而，如所指示，

意外發現蝕刻處理後的反射率低於蝕刻前之相同層的反射率。在不受限於一特定理論的情況下，據信此意外效果可歸因於在蝕刻處理後細粒邊界被界定得更小。如以下進一步論述，在某些實施例中，藉由使用某些蝕刻操作處理條件而進一步改良(減小)電阻率。

移除操作可為可用以移除未經沈積膜之一頂部的任何物理移除操作或化學移除操作。可採用的蝕刻化學物包含含氟蝕刻化學物，包含使用二氟化氫、氟分子及三氟化氮。含溴及氯之化合物包含三氯化氮、氯分子及溴分子。在某些實施例中，蝕刻可為電漿蝕刻。可遠端地或在腔室內產生電漿。在一特定實施例中，將 NF_3 供給至一遠端電漿產生器。在該遠端電漿產生器內產生活性種(包含氟原子)且使該等活性種流入用於化學蝕刻的腔室。

已發現蝕刻劑壓力影響膜電阻率，且較高壓力導致較低電阻率。此影響在圖4中加以論證，該圖4呈現繪示不同厚度膜之電阻率的一圖表。使用習知之直接CVD沈積所沈積之膜(方形)與經沈積至1940埃及經蝕刻至指示之厚度的膜(菱形)。對於藉由沈積及蝕刻所形成之不同厚度的膜，圖表繪示被引進至遠端電漿產生器的 NF_3 之分壓。曲線401為一粗略趨勢線，其繪示以使用低 NF_3 分壓(0.17托及0.24托)所沈積之膜之厚度為一函數的電阻率，及曲線403為一粗略趨勢線，其繪示以使用高 NF_3 分壓(1托)所沈積之膜之厚度為一函數的電阻率。使用高分壓導致膜具有較低電阻率。亦可比較分別表示一習知經沈積膜之反射率及一高

NF₃經蝕刻膜之反射率的資料點405及407(兩個膜之厚度均約為930埃)而得出電阻率之改良。習知經沈積膜具有約18微歐姆-公分的一電阻率，而高NF₃具有小於16微歐姆-公分的一電阻率——改良超過20%。

在某些實施例中，被引進至一遠端電漿產生器的蝕刻劑之分壓大於0.5托，且高達80托。在特定實施例中，被流入該遠端電漿產生器或沈積腔室的蝕刻劑之分壓約為1托。

比較習知經沈積膜之電阻率與具有相當厚度(例如約400埃及約900埃)的經蝕刻膜之電阻率，經蝕刻膜之電阻率小於習知經沈積膜之電阻率。電阻率改良在習知經沈積膜之上方之高流動性(高分壓)蝕刻劑及低流動性(低分壓)蝕刻劑。此在下表中加以繪示：

處理	未經沈積厚度(埃)	最終厚度(埃)	未經沈積電阻率(微歐姆-公分)	最終電阻率(微歐姆-公分)
習知	1720	1720	15.5	15.5
沈積-低NF ₃ 蝕刻	1940	1740	15	15
習知(從趨勢線中判斷)	1350	1350	17	17
沈積-高NF ₃ 蝕刻	1940	1350	15	14.3

對於習知沈積，電阻率與厚度之間存在一反向關係：電阻率隨厚度的增大而減小。然而，使用本文中所描述之

方法可獲得低電阻率薄膜。此處理可用以沈積具有低電阻率的薄膜，且根據各實施例之最終薄膜厚度範圍為100埃至1000埃。對於薄膜，最終膜厚度可為未經沈積膜的10%至90%之間，可移除多達90%的未經沈積膜以產生低電阻率薄膜。

除化學蝕刻外，在某些實施例中可藉由(例如)用氫之濺鍍或藉由一極軟的化學機械平面化(CMP)方法(如觸碰式CMP)而移除頂部。

在另一實施例中，在進行蝕刻處理時同時清潔腔室。藉由將氟基蝕刻劑引入腔室，在蝕刻經沈積鎢層的同時可移除沈積在腔室之內部零件上的鎢。藉由在蝕刻時同時清潔腔室而減少或消除獨立腔室之清潔操作之必要。

本文中所描述之處理之應用包含形成位元線結構及溝槽線與通孔結構。根據各實施例，可在一空白或圖案化晶圓上進行沈積。例如，位元線處理通常包括沈積鎢之一平面膜而溝槽線及通孔應用包括沈積在一圖案化晶圓上之鎢。圖5為一處理流程圖，其描繪在本文中所描述之處理之使用多個沈積循環且在某些情況下使用多個沈積-蝕刻循環之一實施例中的操作。參考圖1，可如上所述地沈積一成核層。方塊501。在一凹陷特徵部(如一溝槽)中，PNL或其他技術用以保形地沈積該成核層。接著在該成核層上實施鎢之塊狀沈積以填充特徵部。方塊503。接著在厚度為 T_1 時停止塊狀沈積。方塊505。 T_1 小於該層之期望厚度。在此處理中， T_1 為特徵部僅部分被填充時的一厚度。例如，

對於1微米特徵部(寬度)， $T1$ 小於0.5微米，且需要沈積約0.5微米厚度以填充特徵部。在塊狀沈積以部分填充特徵部後，接著移除經沈積層之頂部。方塊507。此處，具有凸出尖端的細粒為垂直於側壁定向的細粒且可參考圖2而如上所述地選擇性移除該等細粒。與沈積一樣，在整個特徵部中膜移除通常較為均勻，即自特徵部之頂部處之側壁移除與在特徵部內深處所移除之厚度相同的鎢之厚度。接著可視情況重複一或多次的沈積操作及移除操作以進一步填充特徵部。方塊509。在某些實施例中，重複沈積操作及移除操作包括(例如)藉由CVD而直接在經回蝕鎢上的一塊狀沈積。或者，可在移除操作後在塊狀沈積前執行另一鎢成核層或其他處理操作。在已完成一或多個沈積移除循環後，藉由一沈積操作(如一CVD操作)而完成特徵部填充。方塊511。

在某些實施例中，藉由本文中所描述之處理而填充溝槽線。微米或次微米尺寸之溝槽及其他寬特徵部易於後CMP核化。圖6描繪藉由一單一沈積(成核沈積及塊狀沈積)所填充之一溝槽線601。溝槽線601在一晶圓內被圖案化，例如在一氧化層602內。一或多個膜605及607可形成於該溝槽之側壁及/或底部上。此等膜可包含黏著層、阻擋層等之任一者。薄膜材料之實例包含鈦、氮化鈦、鉭、氮化鉭、鎢、氮化鎢或以上材料之組合。一鎢成核層(未顯示)可被保形地沈積在該溝槽之側壁及底部上以便於塊狀鎢之形成。顯然示意圖為代表性且非按比例繪製；例如，溝槽之

寬度可為微米或十分之幾微米級且成核層為數十埃級。

藉由 CVD 處理所沈積之鎢細粒 603 較大且為非均勻。如上所述，大細粒化鎢膜減小鎢膜之電阻率。雖然鎢填充階梯覆蓋可為極佳，但可能發生後 CMP 問題(像核化)。鎢細粒可成長成不規則且鋸齒形狀，在 609 處指示其之一實例，導致接縫(如接縫 611)之形成。在 603 處繪示 CMP 後的經填充溝槽。由於由接縫 611 所呈現之結構弱點所致，在 613 處挖空特徵部之核心或中心。

圖 7A 及圖 7B 繪示根據某些實施例之在一填充處理之各階段期間之一特徵部之示意圖。首先，在圖 7A 中，在 701 處繪示一未經填充特徵部。凹陷特徵部通常為在一圖案化晶圓上之許多凹陷特徵部之一者，且可形成於一介電材料或在一製造程序期間所形成之其他層內。根據各實施例，特徵部可為一通孔、溝槽或任何其他凹陷特徵部。如以上所指示，各膜(未顯示)可塗覆特徵部之側壁及/或底部，包含阻擋層、黏著層等。取決於先前處理，凹陷特徵部之暴露側壁及底部可為光滑且均勻或可含有不規則體。在某些實施例中，側壁之表面不同於特徵部底部之表面。根據各實施例，特徵部寬度範圍可為 10 埃至 10 微米，更特定言之為 10 奈米至 1 微米。例示性態樣比率為 2:1 至 30:1、2:1 至 10:1 或 5:1 至 10:1。

一塊狀沈積處理用以部分填充特徵部。在 703 處繪示經部分填充之特徵部。通常藉由一化學氣相沈積(CVD)而進行此處理，如上所述。在某些實施例中，藉由一脈衝成核

層(PNL)方法、原子層沈積(ALD)方法或其他適當方法而首先沈積一成核層。如以上所指示，該層經沈積達到一厚度T1，該厚度T1大於該層(經完全填充之特徵部的一子層)之總期望厚度且小於填充特徵部所需要之厚度。在某些實施例中，該厚度T1應足夠小以不使不均勻細粒在封堵特徵部之中心界面處接合。在圖6中之609處描繪此非所欲效果之一實例。在703處所描繪之經填充特徵部內的經沈積細粒為較大但具有不均勻高度。

接著移除層之頂部，如上所述。參考圖1如所論述，在某些實施例中，執行一化學蝕刻。亦如以上所論述，可使用來自一遠端電漿產生器的活性氟種。通常，移除處理為純化學，即不存在離子轟擊或濺鍍效應。就此而言，遠端電漿產生為有用，因為在電漿產生器內所形成之離子能重新結合。形成且抽出含有鎢及氟(例如 WF_6)的揮發性化合物。

移除操作沿特徵部側壁而拋光鎢，導致鋒利及凸出鎢尖端之移除。移除後之結果為具有一光滑輪廓的一鎢層，如在705處所繪示。雖然藉由移除處理而移除細粒高度，但細粒尺寸保持不變使得不增大鎢電阻率。

接著沈積另一塊狀層。取決於特徵部之尺寸及期望細粒尺寸，可在此時完全填充特徵部且準備CMP。在圖7A及圖7B中所描繪之處理中，使用多個沈積處理循環；相應地藉由下一塊狀沈積而僅部分填充特徵部。此在圖7B中之707處加以繪示。該塊狀層經沈積所達到之厚度(T2)可與T1相

同或不同。例如，在某些實施例中，因為由於先前經沈積子層所致而使間隙變窄，所以可減小未經沈積塊狀層之厚度。如上所述，該厚度應使得特徵部保持開著。

接著移除正經沈積層之頂部，如709處所繪示。此拋光該層且為下一沈積提供一光滑表面。如果此時合適，則可執行多個沈積移除循環。在描繪之處理中，藉由一最終塊狀沈積而完成填充。因為經沈積膜之量相對較少，所以此塊狀層之高度更均勻於如果如圖6中所描繪地以一單一操作執行該沈積的高度。在711處描繪經填充特徵部。自各側壁所成長之細粒為均勻且形成不含接縫的一均勻界面。接著執行一CMP處理，移除在特徵部上所沈積之鎢，同時保留經完全填充的特徵部。根據各實施例，在各移除操作中所移除之材料之量可為鎢膜之總厚度的約50%至該厚度之超過50%或(在某些情況下)80%的範圍內。

雖然由於蝕刻處理所致而使細粒高度減小，但細粒尺寸保持不變使得不增大鎢電阻率。在某些實施例中，由於用促成電子傳輸的鎢取代空隙及接縫所致而使特徵部之鎢電阻率減小。亦可藉由沿電子傳輸方向形成較大的鎢細粒尺寸而降低電阻率。亦在某些實施例中，獲得更為壓縮的鎢膜，藉此導致能調變鎢膜密度及接著能調變CMP率。

如以上所指示，在某些實施例中之移除處理期間，在整個特徵部中均勻地蝕刻鎢。為實現此，沈積在部分填充期間受到限制使得特徵部被大細粒過早封堵或堵塞。另外，移除處理條件使得在一反應受限而非大量傳輸受限的狀態

下操作移除。雖然此取決於特徵部尺寸及處理裝置，但一般而言使用較低的溫度及較高的流速。可使用約250°C至450°C之間的晶圓溫度及約750至4000標準狀態毫升/分鐘(sccm)之間的NF₃流速(流入一遠端電漿產生器)。熟習此項技術者將認識到可變動此等範圍以獲得使反應不受漫射限制的條件。另外，不包括濺鍍或轟擊的化學蝕刻操作允許均勻移除。

在許多實施例中，在鎢沈積前及/或在鎢沈積後特徵部輪廓為均勻，使得在特徵部入口不存在顯著的懸垂物。在某些實施例中，在整個特徵部中平均厚度變動不超過30%，或在某些實施例中為25%或10%。亦可藉由比較在特徵部內之平均厚度與在特徵部之頂部處的平均厚度而使此特徵化。在某些實施例中，經特徵部之頂部處的平均厚度標準化的特徵部之平均厚度可為80%至120%，或更特定言之為90%至110%或95%至105%的範圍。在某些情況下，某些參數(例如厚度)值被指定在此等位置/區域處，此等值表示在此等位置/區域內所取得之多個測量值的平均值。在圖8中繪示測量點之實例，圖8描繪在一基板803內之特徵部801之一示意圖，且鎢層805厚度之測量點之位置被指示為「點1」、「點2」等。厚度值可經標準化而對應在場區域上之一值(點1及點16)或其等之一平均值。點2至點15或其之一子集可經平均化以找到在特徵部內之厚度。

在某些實施例中，如果提供在特徵部之頂部處具有一凹角輪廓或懸垂物的一基板，則在一最初塊狀沈積操作後該

四角輪廓將保持。在此等情況中，可在相繼的沈積蝕刻循環前執行選擇性移除特徵部之頂部處之鎢的一最初移除操作，如本文中所描述。在同此共同申請且以引用方式併入本文中之美國專利申請案第12/535,464(代理人檔案號NOVLP315/NVLS-3464)號中沈積描述在一特徵部之頂部的鎢之選擇性移除。

在某些實施例中，本文中所描述之移除操作可用以促進細粒高度均勻度且減小經部分填充特徵部之粗糙度，同時保留任何先前經填充特徵部不受影響。圖9繪示一處理流程圖，其描繪根據其中填充不同尺寸之特徵部的另一實施例之操作。首先提供具有不同尺寸之第一特徵部及第二特徵部的一圖案化晶圓。方塊901。接著執行一或多個沈積操作以完全填充該第一(通常為較小)特徵部及部分填充該第二(通常為較大)特徵部。方塊903。根據各實施例，該一或多個沈積操作可包括或可不包括干預蝕刻操作。在填充該第一特徵部後，執行一或多個移除操作以促進在該第二特徵部內之細粒高度均勻度，例如參考圖7A及圖7B如以上所描繪。方塊905。必要時在沈積移除循環內執行沈積操作。該第一特徵部保持填滿，即移除操作不重新打開特徵部。接著參考圖7B如上所述地執行一最終沈積操作以完成該第二特徵部之填充。方塊907。因此，在較小特徵部已關閉後，本方法僅優先蝕刻在較大特徵部內之側壁鎢。此可有用於雙嵌入處理。

試驗

使用一習知的氫還原 WF_6 CVD 處理來將鎢膜沈積在半導體晶圓上之鎢成核層上。沈積 389 埃、937 埃、1739 埃及 1942 埃(中心厚度)之膜。測量所用膜之反射率及電阻率。

使用與圖 1 中所描述之處理一致的一沈積蝕刻處理來將鎢膜沈積在鎢成核層上。氫還原 WF_6 CVD 處理用以沈積該等膜。沈積條件與用於習知經沈積膜的條件相同。所有膜之未經沈積厚度約為 1940 埃(1935 埃至 1947 埃的範圍內)。一遠端 NF_3 電漿用以蝕刻該等膜，且蝕刻量範圍為 1 埃至 1787 埃，導致最終厚度範圍為 151 埃至 1941 埃。 NF_3 分壓被設定為以下水平之一者：0.02 托、0.17 托、0.24 托或 1 托。在蝕刻後測量所有膜之反射率及電阻率。

相較於具有相當厚度的習知經沈積膜，反射率在蝕刻後改良約 10%。該等反射率測量結果被繪示在圖 3 中且在上文中加以論述。

該等電阻率測量結果被繪示在圖 4 中且在上文中加以論述。

亦改良習知經沈積膜之粗糙度。例如，一 1940 埃之未經沈積膜之 AFM 粗糙度為 9.7 奈米。在 NF_3 蝕刻掉約 20 奈米至 1740 埃後，粗糙度被減小 2.5 奈米至 9.2 奈米。一習知經沈積 1720 埃的膜之粗糙度為 9 奈米。習知經沈積膜的粗糙度被改良約 20%。

在另一實例中，約 800 埃(靶)之鎢經沈積以藉由一 CVD 處理而獲得 0.25 微米溝槽線(6:1 AR)之部分填充。遠端活性氟種(來自 NF_3 流量)用以使用以下處理條件而自特徵部

蝕刻經沈積鎢：

處理	溫度(°C)	NF ₃ 流量(標準狀態毫升/分鐘)	壓力(托)	蝕刻時間(秒)	大約的移除厚度
1	250	750	8	15	100
2	250	750	8	30	200
3	300	1375	6	7	200
4	300	1375	6	15	450
5	350	2000	8	4	250

在蝕刻操作期間移除經沈積層之頂部的約10%至超過50%之間。在蝕刻前及在蝕刻處理4後測量一溝槽線之細粒高度非均勻度。藉由蝕刻操作而使細粒高度非均勻度從13.5%減至6.3%。在重新沈積後，發現細粒高度非均勻度保持均勻(在一第一重新沈積後為7.2%，且在一第二重新沈積後為5.7%)。不執行額外的沈積操作，即僅執行一個沈積操作且在重新沈積與該第二重新沈積之間沒有蝕刻。

裝置

圖10為適於進行根據本發明之若干實施例之鎢沈積處理之一處理系統之一方塊圖。系統1000包含一轉移模組1003。該轉移模組1003提供一清潔之加壓環境以使在基板移動於各反應器模組之間時被處理之該等基板的污染風險最小化。能執行根據本發明之若干實施例之PNL沈積及CVD的一多站反應器1009被安裝在該轉移模組1003上。腔室1009可包含可接著執行此等操作的多個站1011、1013、1015及1017。例如，腔室1009可經組態使得站1011執行PNL沈積，站1013執行一成核層處理及站1013及1015執行

CVD及蝕刻沈積。在某些實施例中，可以單獨的工具執行沈積操作及蝕刻操作。

能執行電漿預清潔或化學(非電漿)預清潔的一或多個單一或多站模組1007亦可被安裝在該轉移模組1003上。該模組亦可用於不同的其他處理，例如後襯墊氮化鎢處理。該系統1000亦包含一或多個(在此處為兩個)晶圓源模組1001，其中晶圓在處理前及處理後被儲存。在大氣轉移腔室1019內的一大氣自動控制裝置(未顯示)首先將晶圓自該等源模組1001移至預備室1021。在該轉移模組1003內的一晶圓轉移裝置(一般為一機器臂單元)將該等晶圓自預備室1021移至安裝在該轉移模組1003上的模組及在安裝在該轉移模組1003上的模組之間移動該等晶圓。

圖11繪示可用在一蝕刻操作中之一腔室或站之一示意圖。本發明之方法包括將一蝕刻劑(例如氟基蝕刻劑)引入一反應器或腔室1100，其具有支撐一晶圓(在其上沈積鎢)的一基座1108。在一遠端電漿腔室1130內產生氟原子。在操作中，經由一閥1132將含氟氣體(例如 NF_3)引進至該遠端電漿腔室1130。其中產生氟原子。閥1134經打開以允許該等原子種經由噴頭1102進入該腔室。圖11僅繪示一遠端電漿腔室之一實例；可使用其他配置及組態。原子種進入該腔室且蝕刻沈積在該晶圓上的鎢膜(未顯示)，如以上所論述。(熟習此項技術者將理解其他種可存在於退出該噴頭進入該反應器的電漿或氣體中。例如，自該噴頭進入沈積腔室的種可包含 NF_3 及 NF_x 以及氟原子。不存在大量的離

子或電子。在較高壓力下，存在 NF_3 及 F_2 。)藉由適當調整壓力，該噴頭充當期望氟原子及/或氟分子蝕刻劑之一可調源。注意在蝕刻處理前，沈積前驅物可進入該噴頭以將鎢膜沈積在該晶圓上。

感測器1126表示可用以提供有關反應器條件之資訊的氣體感測器、壓力感測器等。可在清潔期間被監測的腔室感測器之實例包含大流量控制器、壓力感測器(如壓力計)、位於基座的探溫計及監測該腔室內之一種或多種氣體之存在的紅外線探測器。

由於鎢自腔室中被移除，所以產生六氟化鎢。該六氟化鎢可由感測器1126感測，提供蝕刻之進程之一指示。該六氟化鎢自反射器經由一出口(未顯示)被移除使得在清潔完成後，該感測器將感測不到六氟化鎢。感測器1126亦可包含提供腔室壓力讀數的一壓力感測器。

可藉由除藉由如上所述地使用一遠端電漿腔室以產生氟原子及調節壓力使得氟原子結合入氟分子外的方法而將氟分子施加至腔室。例如，可允許來自氟氣供應器的氟氣進入腔室。然而，在採用氟原子及氟分子的實施例中，如上所述，該遠端電漿腔室之使用提供階段之間切換的一簡單方式。再者，該遠端電漿腔室允許使用比氟分子更易於處理的 NF_3 作為該系統之一入口氣體。某些實施例可採用用於產生氟原子的直接式(原位)電漿。

在某些實施例中，採用一系統控制器1124以控制在沈積操作及移除操作期間的處理條件。該控制器通常將包含一

或多個記憶裝置及一或多個處理器。該處理器可包含一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。

該控制器可控制沈積裝置之所有活動。該系統控制器實施系統控制軟體，該系統控制軟體包含指令集，用於控制一特定處理之計時、氣體混合、腔室壓力、腔室溫度、晶圓溫度、RF功率位準、晶圓卡盤或基座位置及其他參數。在某些實施例中可採用儲存在與該控制器相關聯的記憶裝置上的其他電腦程式。

通常將存在與該控制器相關聯的一使用者界面。該使用者界面可包含一顯示螢幕、裝置及/或處理條件之圖形軟體顯示器及使用者輸入裝置，如點擊裝置、鍵盤、觸控螢幕、麥克風等。

可以任一習知的電腦可讀程式語言(例如組合語言、C語言、C++語言、Pascal語言、Fortran語言或其他語言)撰寫用於控制一處理序列中之沈積處理及移除處理的電腦程式代碼。處理器執行編譯的物件代碼或腳本，以實施程式所識別的任務。

該等控制器參數與處理條件有關，如(例如)處理氣體構成及流速、溫度、壓力、遠端電漿條件(如RF功率位準及低頻RF頻率)、蝕刻劑流速或分壓、冷卻氣體壓力及腔室壁溫度。以一菜單形式將此等參數提供給使用者，且可利用使用者界面進入該等參數。

該系統控制器之類比及/或數位輸入連接件可提供用於

監測處理的信號。在該沈積裝置之類比及數位輸出連接件上，輸出用於控制處理的信號。

可以許多不同方式設計或組態系統軟體。例如，可撰寫各腔室組件子程式或控制物件以控制實施本發明沈積處理所必要之該等腔室組件的操作。用於此目的之程式或程式段的實例包含基板定位代碼、處理氣體控制代碼、壓力控制代碼、加熱器控制代碼及電漿控制代碼。

一基板定位程式可包含用於控制腔室組件的程式代碼，該等組件係用以將基板負載至一基座或卡盤上及用以控制基板與腔室之其他零件(如氣體入口及/或靶)之間的間隔。一處理氣體控制程式可包含用於控制氣體組成及流速及可視情況用於在沈積前使氣體流入腔室以穩定腔室內之壓力的代碼。壓力控制程式可包含用於藉由調節(例如)腔室之排氣系統內之一節流閥而控制腔室內之壓力的代碼。一加熱器控制程式可包含用於控制用以加熱基板之一加熱單元之電流的代碼。或者，該加熱器控制程式可控制一熱轉移氣體(如氬氣)傳遞至晶圓卡盤。一蝕刻劑控制程式可包含用於控制蝕刻劑流速及分壓、載具氣體流速及分壓、蝕刻時間等的代碼。

在沈積期間，可被監測之腔室感測器的實例包含大流量控制器、壓力感測器(如壓力計)及位於基座或卡盤的熱耦器。適當程式化回饋及控制演算法可與來自此等感測器之資料一起使用以維持期望的處理條件。六氟化鎢或其他蝕刻副產品可經感測以提供已移除多少鎢的指示。

上文描述以一單一或多腔室半導體處理工具來實施本發明之若干實施例。

應用

本發明可用以沈積用於許多不同應用的薄、低電阻率鎢層。一個應用為用於積體電路(如記憶晶片及微處理器)之互連線。互連線為發現於一單一金屬化層上的電流線且一般為長薄平坦結構。此等互連線可藉由一鎢層之一披覆沈積(藉由如上所述之一處理)、接著藉由界定載流鎢線之位置的一圖案化操作及藉由自該等鎢線之外部區域移除鎢而形成。

一互連線應用之一主要實例為一記憶晶片內的一位元線。當然，本發明不限於互連線應用且延伸至電子裝置內所發現的通孔、觸點及其他鎢結構。

在沈積處理用於位元線應用的某些實施例中，鎢膜之最終厚度為500埃至2000埃之間，且未經沈積膜厚度為500埃至2500埃之間。如果需要，處理亦可用以沈積更厚得多的膜。亦如上所述，處理可用以沈積具有低電阻率的薄膜，例如厚度為100埃至1000埃之間的膜。一般而言，在需要薄、低電阻率鎢層之任何環境中發現本發明之應用。

其他實施例

雖然已依據幾個實施例而描述本發明，但存在落入本發明之範圍內的替代、修飾、置換及取代等效物。亦應注意存在實施本發明之方法及裝置的許多替代方式。例如，雖然以上描述內容主要描述CVD沈積，但沈積蝕刻方法亦可

與其他類型之鎢沈積一起被採用。因此意欲為以下附加請求項被解釋為包含落入本發明之實質精神及範圍內的所有此等替代、修飾、置換及取代等效物。

【圖式簡單說明】

圖1為繪示根據各實施例之相關操作方法的一處理流程圖；

圖2為圖解闡釋根據各實施例之在蝕刻後鎢膜細粒結構之變化的一示意圖；

圖3為繪示以膜厚度為一函數之電阻率的一圖表，其用於與藉由習知CVD沈積所形成之膜比較的藉由本文中所描述之方法之一實施例所形成之膜；

圖4為繪示以膜厚度為一函數之電阻率的一圖表，其用於與藉由習知CVD沈積所形成之膜比較的藉由本文中所描述之方法之一實施例所形成之膜；

圖5為繪示根據各實施例之相關操作方法的一處理流程圖；

圖6為圖解闡釋鎢填充的一示意圖，該鎢填充使用單步驟CVD方法及使用由於接縫形成所致而可能發生的隨後之CMP核化；

圖7A及圖7B圖解闡釋根據某些實施例之在一方法之各階段之一特徵部之填充；

圖8為繪示根據各實施例之相關操作方法的一處理流程圖；

圖9為一示意圖，其圖解闡釋特徵化一經部分填充之特

徵部之輪廓的一方法；

圖 10 為根據本發明之若干實施例之適於進行鎢沈積處理之一處理系統之一方塊圖；及

圖 11 為繪示根據本發明之若干實施例之適於實施鎢沈積及回蝕處理的腔室之組件的一圖式。

【主要元件符號說明】

101	在基板上沈積鎢成核層
103	在成核層上塊狀沈積鎢
105	在厚度 T1 處停止塊狀沈積處理
107	自膜移除塊狀層之頂部
205	尖端
501	在基板特徵部內沈積保形鎢成核層
503	在成核層上塊狀沈積鎢
505	在厚度 T1 處停止塊狀沈積處理以部分填充特徵部
507	自膜移除塊狀層之頂部
509	重複沈積操作及移除操作以填充特徵部
511	沈積鎢以完成特徵部之填充
601	溝槽線
602	氧化層
603	鎢細粒
605	膜
607	膜
611	接縫
801	特徵部

803	基板
805	鎢層
901	提供具有不同尺寸之第一特徵部及第二特徵部的圖案化晶圓
903	執行一或多個沈積操作以完全填充該第一特徵部及部分填充該第二特徵部
905	執行一或多個移除操作以促進在該第二特徵部內之細粒高度均勻度而留下經填充的第一特徵部
907	執行一沈積以完成第二特徵部之填充
1000	系統
1001	源模組
1003	轉移模組
1009	腔室
1011	站
1013	站
1015	站
1019	大氣轉移腔室
1021	預備室
1100	腔室
1102	噴頭
1108	基座
1124	系統控制器
1126	感測器

1130	遠端電漿腔室
1132	閥
1134	閥

七、申請專利範圍：

1. 一種將鎢沈積於一沈積腔室內之基板上之方法，該方法包括：

將一含鎢前驅物(precursor)及一還原劑引進至該沈積腔室；

經由該含鎢前驅物與該還原劑之間之一第一化學氣相沈積反應而將一第一鎢層沈積在該基板上；

移除該經沈積之第一鎢層之一頂部以形成一經蝕刻之鎢層，其中在移除過程中離子不大量的存在於該沈積腔室內；及在形成該經蝕刻之鎢層後，經由一第二化學氣相沈積反應而將一第二鎢層沈積在該基板上。

2. 如請求項1之方法，其中該基板為一具有一凹陷特徵部的圖案化基板，且該第一鎢層及該第二鎢層係沈積在該凹陷特徵部內以藉此以鎢完全或部分填充該凹陷特徵部。
3. 如請求項1之方法，其中移除該經沈積之第一鎢層之該頂部包括蝕刻該經沈積鎢層之頂厚度的約5%至80%之間。
4. 如請求項1之方法，其中移除該經沈積之第一鎢層之該頂部包括蝕刻該經沈積之第一鎢層之頂厚度的至少約10%。
5. 如請求項1之方法，進一步包括：將一含氟化合物引進至該沈積腔室之一遠端電漿產生器上游；在該遠端電漿產生器內產生氟原子；及使該氟原子自該遠端電漿產生

器流動至該沈積腔室，以移除該經沈積之第一鎢層之該頂部。

6. 如請求項2之方法，其中該凹陷特徵部具有一至少約10奈米寬的開口。
7. 如請求項1之方法，其中移除該經沈積之第一鎢層之一頂部包括選擇性移除垂直於其上沈積有若干鎢細粒之表面而定向之該等鎢細粒的若干部分。
8. 一種以鎢填充一凹陷特徵部之方法，其中該凹陷特徵部位於一沈積腔室內之一基板上，該方法包括：

經由一化學氣相沈積反應來沈積一鎢層，以部分填充該凹陷特徵部；

移除該經沈積鎢層之一頂部以形成一經蝕刻鎢層，其中在移除過程中離子不大量的存在於該沈積腔室內；及

在移除該頂部後，經由一化學氣相沈積反應來沈積鎢以進一步填充該特徵部。
9. 如請求項8之方法，其中在整個該凹陷特徵部內均勻地移除該頂部。
10. 如請求項8之方法，其中經由一化學氣相沈積反應來沈積鎢以進一步填充該凹陷特徵部包括至少另一沈積移除循環。
11. 如請求項8之方法，其中進一步填充該凹陷特徵部包括完全填充該凹陷特徵部。
12. 如請求項8之方法，其中該凹陷特徵部寬度約為10奈米至1微米。

13. 如請求項8之方法，其中移除該經沈積鎢層之一頂部包括一反應受限(reaction-limited)的蝕刻處理。
14. 如請求項8之方法，其中移除該頂部包括產生且移除一含鎢揮發性產品之一化學反應。
15. 如請求項8之方法，其中在一開口處該經蝕刻鎢層之平均厚度為在該凹陷特徵部內部該經蝕刻鎢層之平均厚度的約10%以內。
16. 如請求項8之方法，其中移除該經沈積鎢層之一頂部以形成一經蝕刻鎢層包括蝕刻該凹陷特徵部之側壁。
17. 如請求項8之方法，其中該基板包含以鎢填充之一第二特徵部，且其中在不自該第二特徵部移除鎢的情況下，自該凹陷特徵部之該等側壁選擇性地移除鎢。
18. 一種將具有一厚度 T_d 之一鎢層沈積在一沈積腔室內之基板上的方法，該方法包括：
將一含鎢前驅物及一還原劑引進至該沈積腔室；
經由該含鎢前驅物與該還原劑之間之一化學氣相沈積反應而將具有一厚度 T_1 之一鎢層沈積在該基板表面上；及
移除該經沈積鎢層之一頂部以形成具有厚度 T_d 之一鎢塊狀層(bulk layer)，其中 T_d 係介於該厚度 T_1 之75%至95%之間。
19. 如請求項18之方法，其中蝕刻該經沈積鎢層之該頂部包括蝕刻該經沈積鎢層之頂厚度之約5%至15%之間。
20. 如請求項18之方法，其中蝕刻該經沈積鎢層之該頂部包括蝕刻該經沈積鎢層之頂厚度之約10%。

21. 如請求項18之方法，進一步包括：將含氟化合物引進至該沈積腔室之一遠端電漿產生器上游；在該遠端電漿產生器內產生氟原子；及使氟原子自該遠端電漿產生器流動至該沈積腔室，以移除該沈積鎢層之該頂部。
22. 如請求項21之方法，其中被引進至該遠端電漿產生器之該含氟化合物的分壓至少約為0.7托。
23. 如請求項21之方法，其中被引進至該遠端電漿產生器之該含氟化合物的分壓至少約為1托。
24. 如請求項21之方法，其中該含氟化合物為 NF_3 。
25. 如請求項18之方法，其中 T_d 為介於約500埃至2000埃之間。
26. 如請求項18之方法，其中移除該鎢層之一頂部包括選擇性地移除沈積在該基板上之鎢細粒的垂直定向部分。
27. 如請求項18之方法，其中移除該鎢層之一頂部減小該鎢層之電阻率。
28. 如請求項18之方法，其中具有厚度 T_d 之該鎢塊狀層的反射率比一裸矽晶圓的反射率大15%。
29. 如請求項18之方法，其中具有厚度 T_d 之該鎢塊狀層的電阻率小於藉由沒有隨後之蝕刻操作之化學氣相沈積所沈積之厚度為 T_d 之一膜的電阻率。
30. 如請求項29之方法，其中具有厚度 T_d 之該鎢塊狀層的反射率大於藉由沒有隨後之蝕刻操作之化學氣相沈積所沈積之厚度為 T_d 之該膜的反射率，且具有厚度 T_d 之該鎢塊狀層的粗糙度小於藉由沒有隨後之蝕刻操作之化學氣相

沈積所沈積之厚度為 T_d 之該膜的粗糙度。

31. 如請求項18之方法，其中該經沈積鎢塊狀層之電阻率約小於15微歐姆-公分。

32. 一種用於將鎢膜沈積於一基板上之裝置，其包括：

a) 一沈積腔室，其包括：一基板支撐；及一或多個氣體入口，其等經組態以將該基板暴露於氣流；

b) 一遠端電漿產生器，用於產生與該沈積腔室流體連通的活性種；

c) 一控制器，用於控制在該沈積腔室內之若干操作，該控制器包括用於以下目的的若干指令：將一含鎢前驅物及一還原劑引進至該沈積腔室；經由該含鎢前驅物與該還原劑之間之一化學氣相沈積反應而將厚度為 T_1 之一鎢層沈積於該基板上；使一蝕刻劑氣體流入該遠端電漿產生器且自該遠端電漿產生器流動至該沈積腔室以移除該經沈積鎢層之一頂部，以形成具有厚度 T_d 之一鎢塊狀層，其中 T_d 係介於該厚度 T_1 之75%至95%之間。

八、圖式：

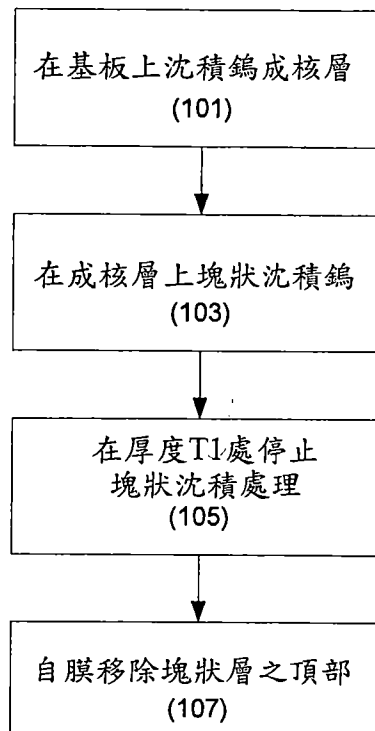


圖 1

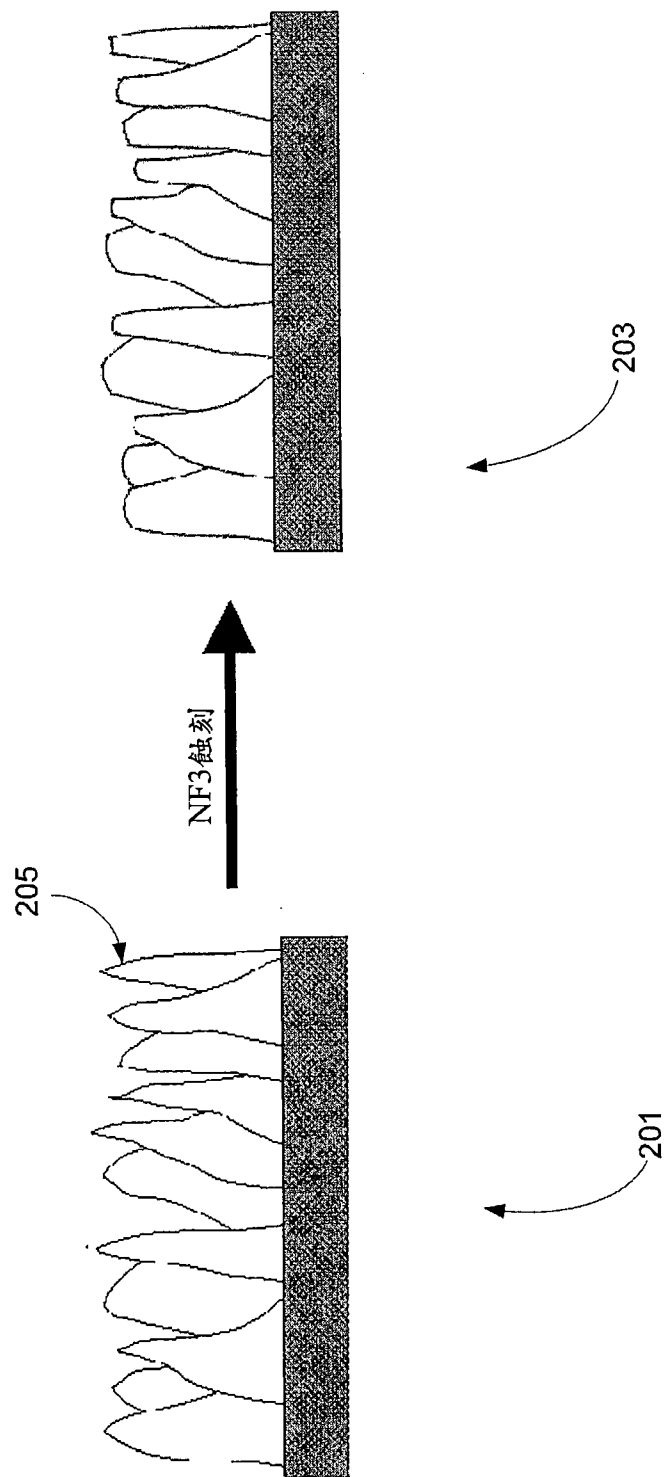


圖 2

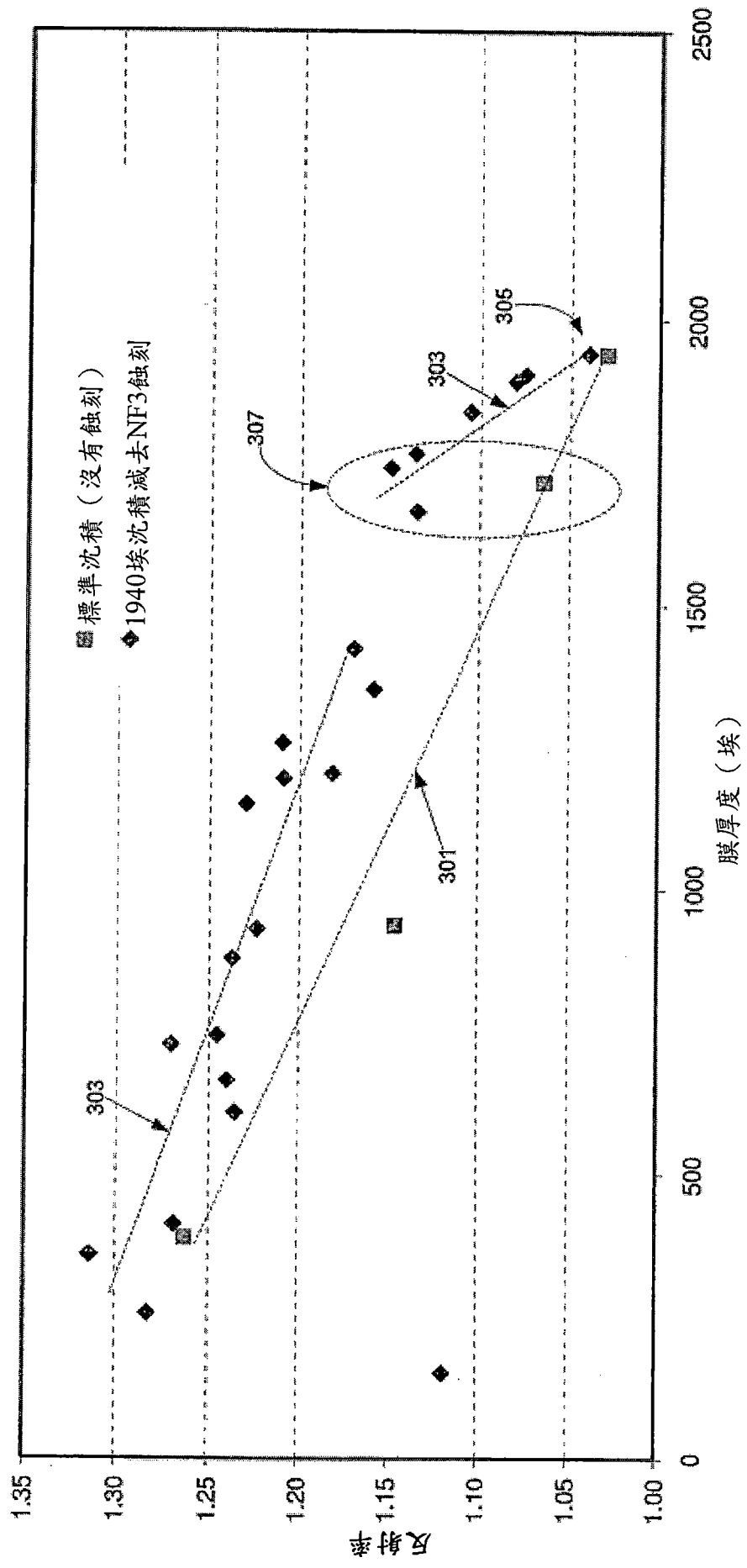


圖 3

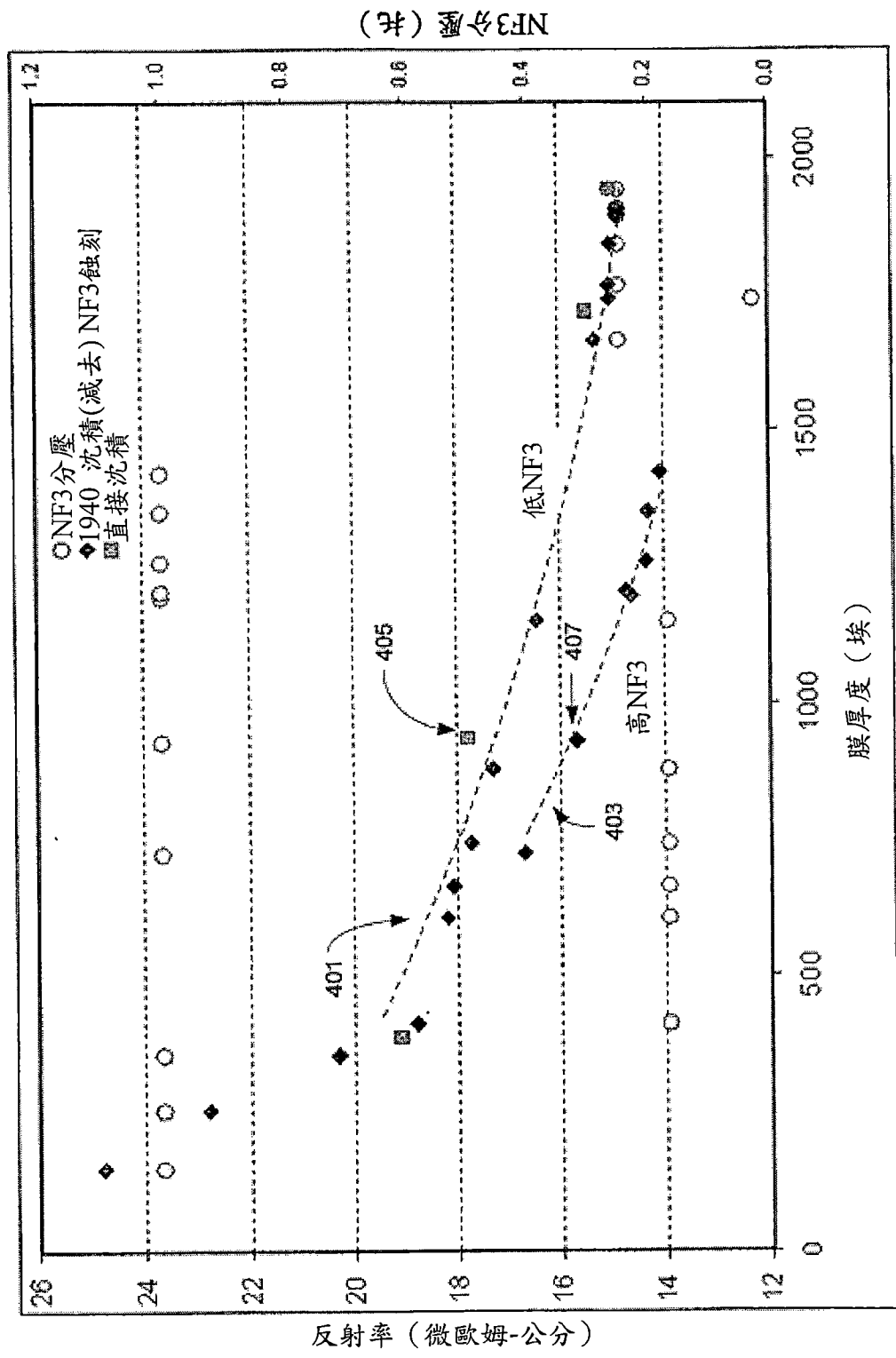


圖 4

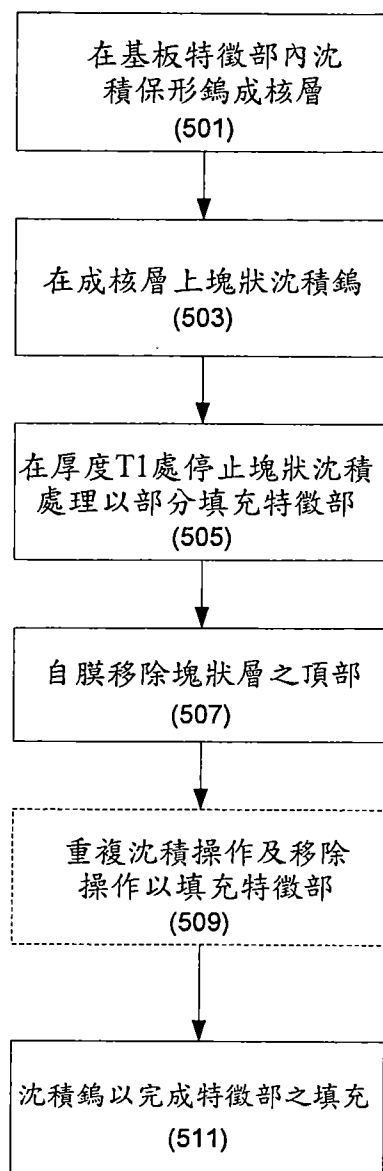


圖 5

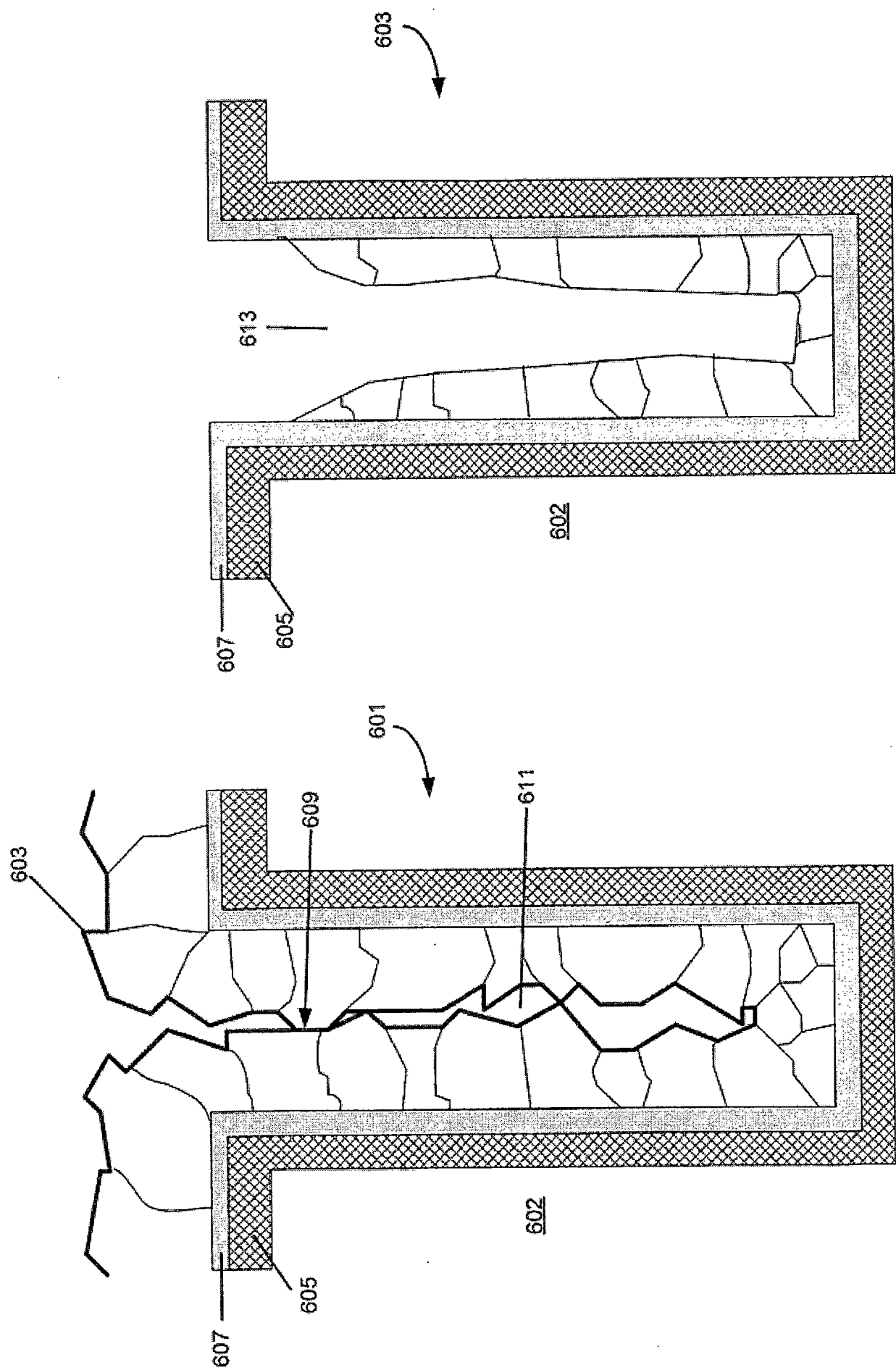


圖 6

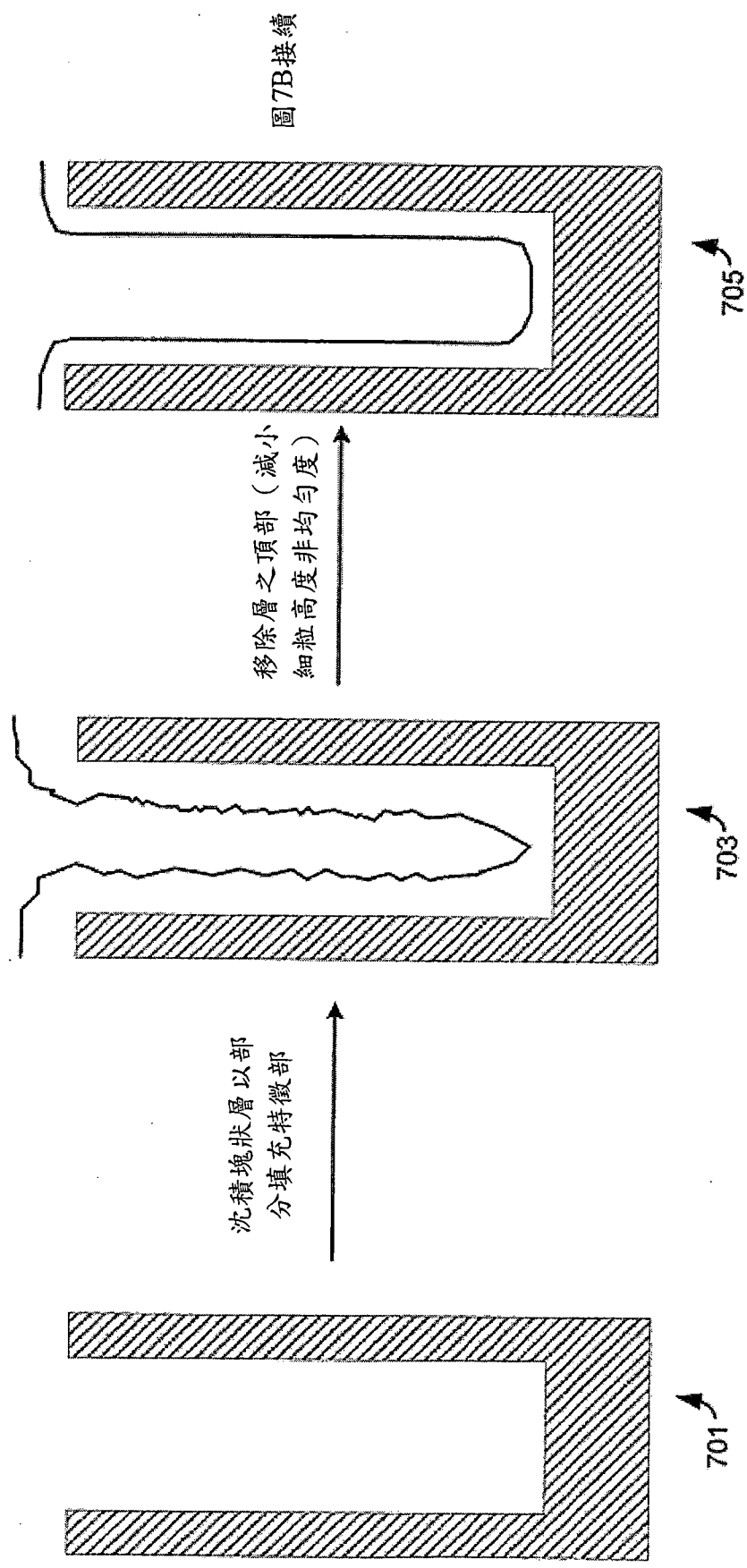


圖 7A

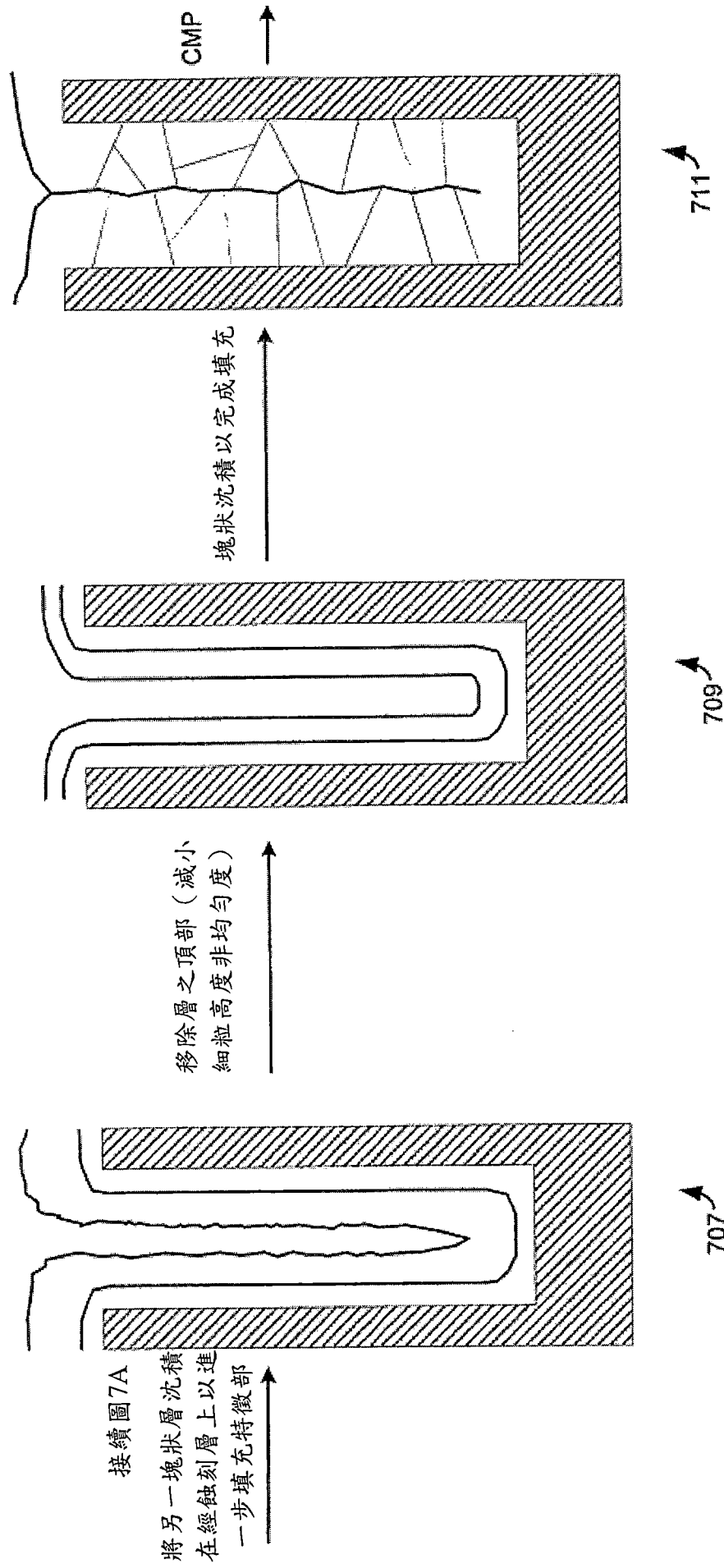


圖 7B

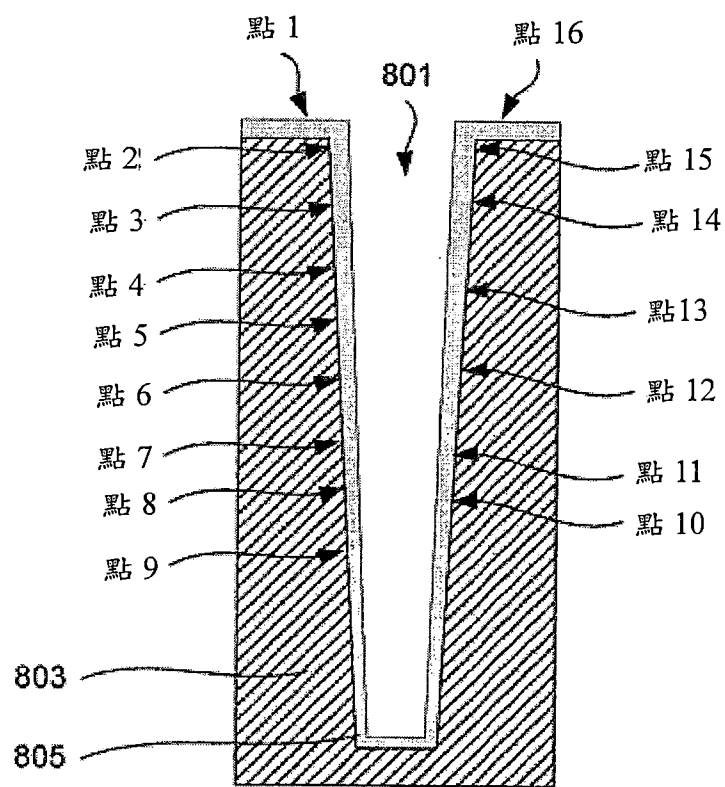


圖 8

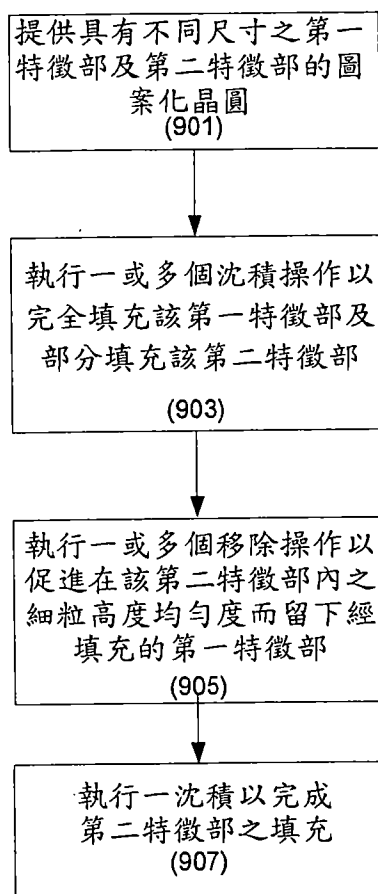


圖 9

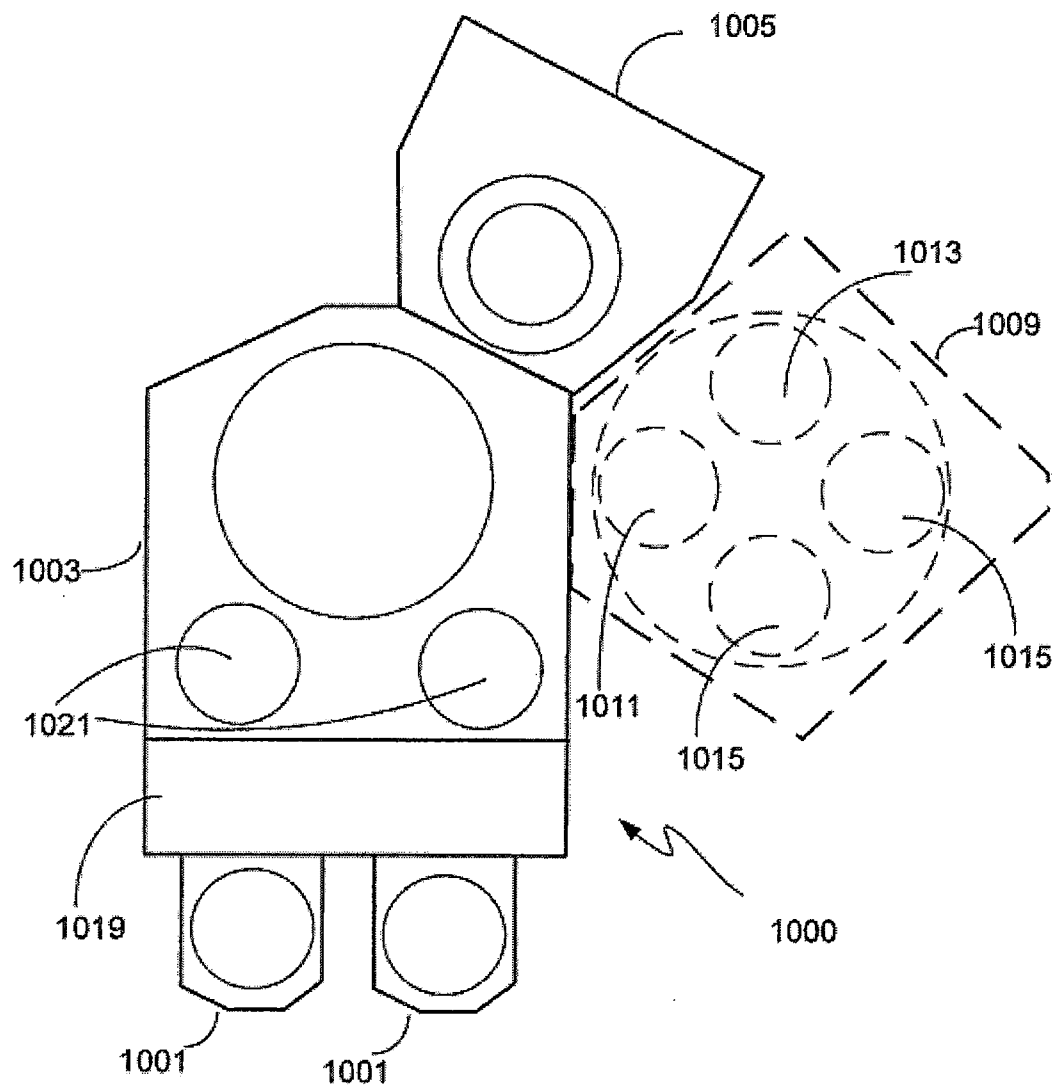


圖 10

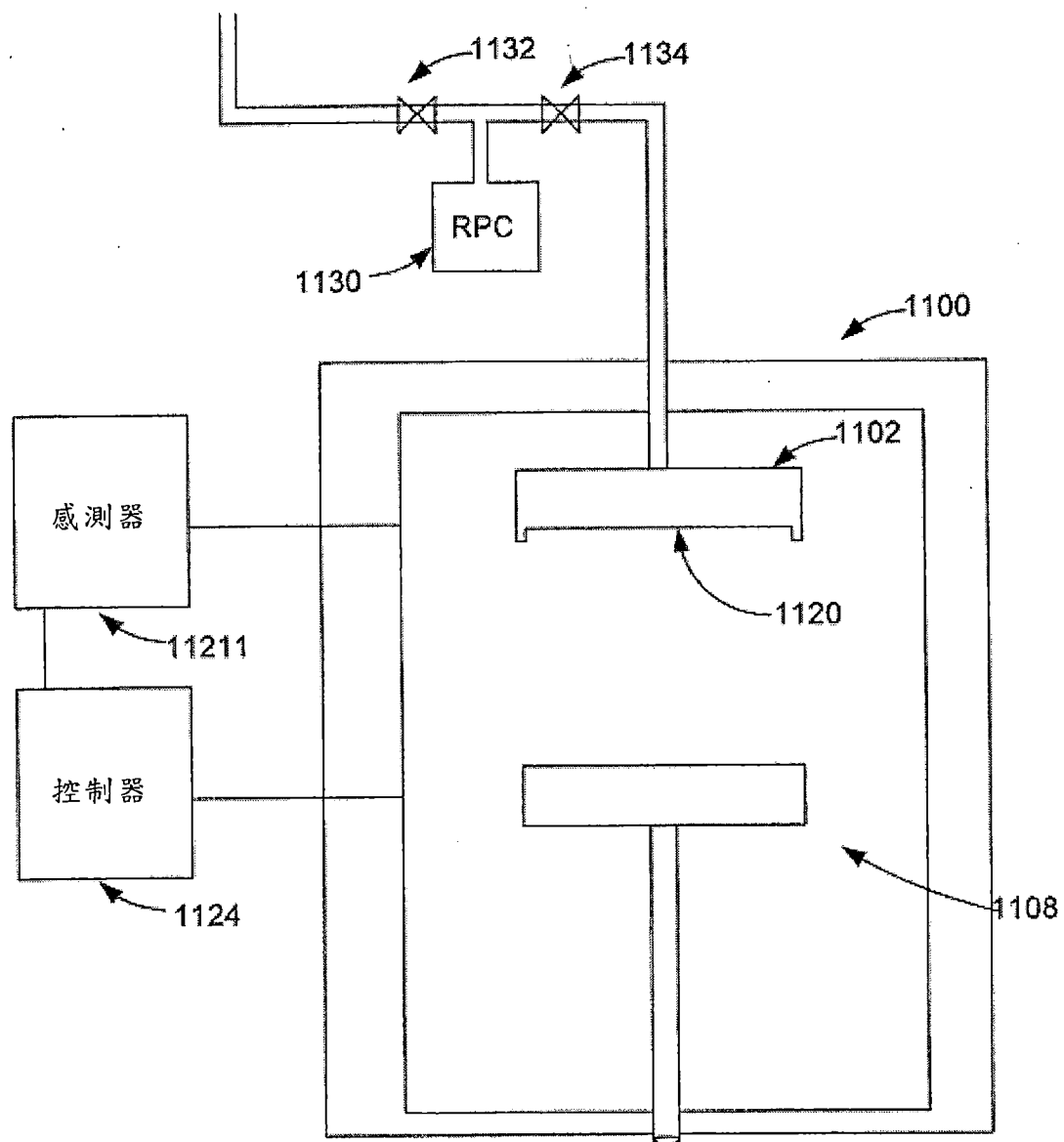


圖 11