



(21)申請案號：102138925

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 28 日

(51)Int. Cl. : *C23C16/08 (2006.01)* *C23C16/34 (2006.01)*
 C23C16/42 (2006.01) *C23C16/455 (2006.01)*
 H01L21/314 (2006.01)

(30)優先權：2012/10/26 美國 61/719,350
 2013/03/14 美國 61/784,281
 2013/05/21 美國 61/825,983
 2013/10/24 美國 14/062,804

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國

(72)發明人：傅新宇 FU, XINYU (CN)；干德可塔史林尼維斯 GANDIKOTA, SRINIVAS (US)；
傑拉多斯艾夫傑尼諾斯 V GELATOS, AVGERINOS V. (US)；諾里阿提夫 NOORI,
ATIF (US)；張鎂 CHANG, MEI (US)；湯普森大衛 THOMPSON, DAVID (CA)；
葛漢納耶史帝夫 G GHANAYEM, STEVE G. (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：17 共 99 頁

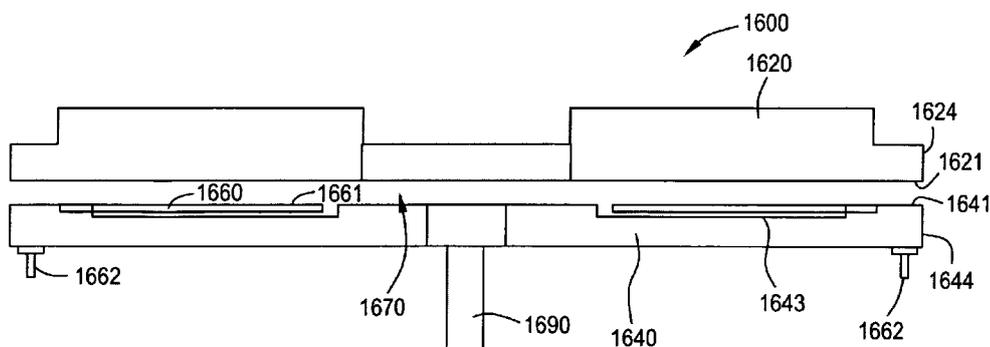
(54)名稱

沉積無氟 / 碳保形鎢之方法

METHODS FOR DEPOSITING FLUORINE/CARBON-FREE CONFORMAL TUNGSTEN

(57)摘要

本案提供使用含鎢反應氣體沉積鎢薄膜或含鎢薄膜之原子層沉積方法，該含鎢反應氣體包含以下之一或更多者：五氯化鎢、具有經驗式 WCl_5 或 WCl_6 之化合物。



第16圖

- 1600：腔室
- 1620：氣體分佈組件/
氣體注射器組件
- 1621：前表面
- 1624：外邊緣
- 1640：基座組件
- 1641：頂部表面
- 1643：底部表面
- 1644：邊緣
- 1660：晶圓
- 1661：頂部表面
- 1662：致動器
- 1670：間隙



(21)申請案號：102138925

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 28 日

(51)Int. Cl. : **C23C16/08 (2006.01)** **C23C16/34 (2006.01)**
 C23C16/42 (2006.01) **C23C16/455 (2006.01)**
 H01L21/314 (2006.01)

(30)優先權：2012/10/26 美國 61/719,350
 2013/03/14 美國 61/784,281
 2013/05/21 美國 61/825,983
 2013/10/24 美國 14/062,804

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國

(72)發明人：傅新宇 FU, XINYU (CN)；干德可塔史林尼維斯 GANDIKOTA, SRINIVAS (US)；
傑拉多斯艾夫傑尼諾斯 V GELATOS, AVGERINOS V. (US)；諾里阿提夫 NOORI,
ATIF (US)；張鎂 CHANG, MEI (US)；湯普森大衛 THOMPSON, DAVID (CA)；
葛漢納耶史帝夫 G GHANAYEM, STEVE G. (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：17 共 99 頁

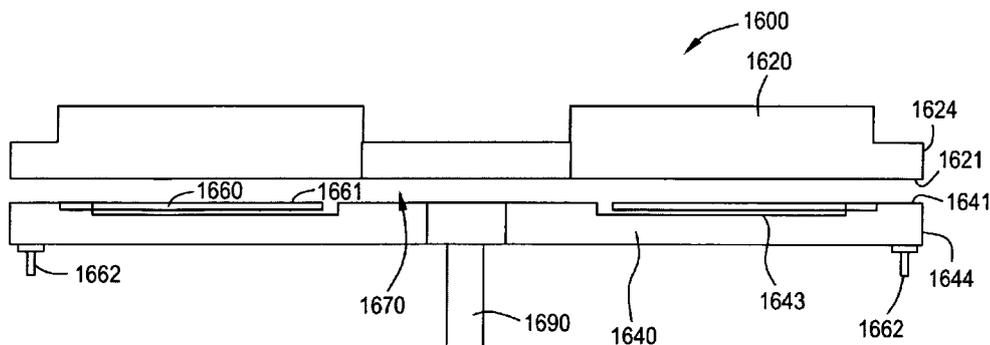
(54)名稱

沉積無氟 / 碳保形鎢之方法

METHODS FOR DEPOSITING FLUORINE/CARBON-FREE CONFORMAL TUNGSTEN

(57)摘要

本案提供使用含鎢反應氣體沉積鎢薄膜或含鎢薄膜之原子層沉積方法，該含鎢反應氣體包含以下之一或更多者：五氯化鎢、具有經驗式 WCl_5 或 WCl_6 之化合物。



第16圖

- 1600：腔室
- 1620：氣體分佈組件/
氣體注射器組件
- 1621：前表面
- 1624：外邊緣
- 1640：基座組件
- 1641：頂部表面
- 1643：底部表面
- 1644：邊緣
- 1660：晶圓
- 1661：頂部表面
- 1662：致動器
- 1670：間隙

發明摘要

※ 申請案號：102138925

※ 申請日：2013 年 10 月 28 日

※IPC 分類：

C23C 16/08 (2006.01)

16/34 (2006.01)

16/42 (2006.01)

16/455

H01L 21/314

【發明名稱】 (中文/英文)

沉積無氟/碳保形鎢之方法

METHODS FOR DEPOSITING
FLUORINE/CARBON-FREE CONFORMAL TUNGSTEN

【中文】

本案提供使用含鎢反應氣體沉積鎢薄膜或含鎢薄膜之原子層沉積方法，該含鎢反應氣體包含以下之一或更多者：五氯化鎢、具有經驗式 WCl_5 或 WCl_6 之化合物。

【英文】

Provided are atomic layer deposition methods to deposit a tungsten film or tungsten-containing film using a tungsten-containing reactive gas comprising one or more of tungsten pentachloride, a compound with the empirical formula WCl_5 or WCl_6 .

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第 (16) 圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1600 腔室

1620 氣體分佈組件/氣體注射器組件

1621 前表面

發明摘要

※ 申請案號：102138925

※ 申請日：2013 年 10 月 28 日

※IPC 分類：

C23C 16/08 (2006.01)

16/34 (2006.01)

16/42 (2006.01)

16/455

H01L 21/314

【發明名稱】 (中文/英文)

沉積無氟/碳保形鎢之方法

METHODS FOR DEPOSITING
FLUORINE/CARBON-FREE CONFORMAL TUNGSTEN

【中文】

本案提供使用含鎢反應氣體沉積鎢薄膜或含鎢薄膜之原子層沉積方法，該含鎢反應氣體包含以下之一或更多者：五氯化鎢、具有經驗式 WCl_5 或 WCl_6 之化合物。

【英文】

Provided are atomic layer deposition methods to deposit a tungsten film or tungsten-containing film using a tungsten-containing reactive gas comprising one or more of tungsten pentachloride, a compound with the empirical formula WCl_5 or WCl_6 .

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第 (16) 圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1600 腔室

1620 氣體分佈組件/氣體注射器組件

1621 前表面

- 1624 外邊緣
- 1640 基座組件
- 1641 頂部表面
- 1643 底部表面
- 1644 邊緣
- 1660 晶圓
- 1661 頂部表面
- 1662 致動器
- 1670 間隙
- 1690 支柱

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

沉積無氟/碳保形鎢之方法

METHODS FOR DEPOSITING
FLUORINE/CARBON-FREE CONFORMAL TUNGSTEN

【技術領域】

【0001】 本發明之實施例係關於半導體基板之處理。更特定言之，本發明之實施例係關於使用原子層沉積技術於半導體基板上低溫沉積鎢層或矽化鎢層之方法。

【先前技術】

【0002】 半導體處理工業繼續尋求更大的產出率，同時增加經沉積於具有較大表面積之基板上之層的均勻性。該等相同因素與新型材料結合亦提供基板之每單位面積上電路之更高整合。隨著電路整合增加，對有關層厚度之更大均勻性及製程控制的需要上升。因此，已開發各種技術來以有成本效益的方式於基板上沉積層，同時保持對層之特性的控制。

【0003】 化學氣相沉積(chemical vapor deposition; CVD)為用於在基板上沉積層之最常見的沉積製程之一。CVD 為通量相關沉積技術，該通量相關沉積技術要求精確控制引入處理腔室內之基板溫度及前驅物以產生均勻厚度之期望層。該等需求隨著基板大小的增加變得更為重要，從而需要更複雜的腔室設計及氣體流動技術來保持足夠均勻性。

【0004】 表現出極好階梯覆蓋之 CVD 之變型為循環沉積或原子層沉積(atomic layer deposition; ALD)。循環沉積係基於原子層磊晶(atomic layer epitaxy; ALE)且使用化學吸附技術以在連續循環內於基板表面上輸送前驅物分子。循環將基板表面暴露至第一前驅物、淨化氣體、第二前驅物及淨化氣體。第一前驅物及第二前驅物發生反應以形成產物化合物作為基板表面上之薄膜。重複該循環以形成具有期望厚度之層。

【0005】 在高沉積速率下形成薄膜層同時提供足夠的階梯覆蓋係相衝突的特性，該等相衝突的特性經常需要犧牲其中一者來獲得另一者。當耐火金屬層在形成互連藉由介電層分離之鄰近金屬層之接觸期間經沉積在間隙或穿孔上時，此衝突尤其明顯。歷史上，已使用 CVD 技術沉積諸如耐火金屬之導電材料以經濟且快速地形成觸點。由於半導體電路系統之日趨增加的整合，鎢已基於優良的階梯覆蓋而被使用。因此，使用 CVD 技術沉積鎢由於製程之高產出量而在半導體處理中享有廣泛應用。

【0006】 然而，藉由習知 CVD 方法沉積鎢伴隨有若干缺點。舉例而言，ALD 製程將鎢薄膜沉積至含有高長寬比（例如，20）之穿孔內，而習知 CVD 製程將通常導致類似穿孔「交錯斷裂」且不完全填滿。同樣，鎢層在半導體晶圓上之毯覆沉積在低於 400°C 之溫度下非常耗時。鎢之沉積速率可藉由增加沉積溫度至例如約 500°C 至約 550°C 而提高。然而，在此較高範圍內之溫度可能損害正形成之積體電路之下層部分之結構及操作完整性。使用鎢亦使在製造製程期間的光刻步驟受

控，因為使用鎢導致具有 70%之反射率或小於矽之反射率的相對粗糙表面（與厚度及波長相關的）。此外，鎢已經證實難以均勻沉積。不良的表面均勻性通常增加薄膜電阻率。

【0007】 在具有替換閘極方案之高 k 金屬閘極中，當技術節點到達 20 nm 及以下時，需要被填滿之特徵結構變得極其小。需要良好地控制功函數薄膜之保形性及此薄膜之性質（無包括氟之有害元素）。另外，當由於較小結構內部之非常受限的可佔用面積而發展薄膜堆疊用於更小特徵結構時，需要組合已在較大結構上使用之數個功能層（諸如 WF 層、成核層、阻障層）。

【0008】 一直可用的鎢薄膜及矽化鎢(WSi_x)薄膜係引入氟之主要基於 WF₆ 之 CVD/ALD 製程且在沉積阻障層及成核層之前無法直接沉積於閘極上。具有金屬氧化物配位體之鎢前驅物遭受高碳含量之缺點，同時諸如氯化物之其他鹵化物前驅物係在高溫下（600°C 及超過 600°C）處理且不適合於替換閘極製程。高溫 CVD 製程亦遭受不良階梯覆蓋之缺點。

【0009】 鎢金屬沉積製程可藉由與氫反應而執行。然而，該反應嚴格受限於氫之解離。氫電漿可增加反應速率但可對基板或正形成之薄膜造成損害。氫自由基亦可與鎢前驅物反應以形成鎢薄膜。然而，通常用來產生自由基之「熱線」與鎢前驅物不相容。

【0010】 因此，在此技術領域需要使用原子層沉積技術以良好保形性沉積鎢層之改進技術。

【發明內容】

【0011】 本發明之一或更多個實施例係針對處理方法，該等處理方法包含將基板順序地暴露至包含含鎢化合物之第一反應氣體及第二反應氣體以形成含鎢薄膜，該含鎢化合物包含具有經驗式 W_xCl_{5x} 之化合物。

【0012】 本發明之一些實施例係針對處理方法。方法包含：將基板定位於處理腔室中及在小於或等於約 475°C 之溫度下將基板之至少一部分順序地暴露至第一反應氣體及第二反應氣體以形成含鎢薄膜，第一反應氣體包含五氯化鎢、具有經驗式 W_xCl_{5x} 之化合物或六氯化鎢中之一或更多者。

【0013】 本發明之一些實施例係針對沉積 WSi_x 薄膜之方法。方法包含：將基板定位於處理腔室中；及在小於或等於約 475°C 之溫度下將基板之至少一部分順序地暴露至第一反應氣體及第二反應氣體以形成 WSi_x 薄膜。第一反應氣體包含五氯化鎢、具有經驗式 W_xCl_{5x} 之化合物或六氯化鎢中之一或更多者且第二反應氣體包含含矽氣體，含矽氣體與含鎢氣體之比在約 100:2 至約 100:0.2 的範圍內。

【0014】 本發明之一些實施例係針對處理方法，該等處理方法包含將處理腔室中之基板之至少一部分順序地暴露至包含含鎢化合物之第一反應氣體及包含氫自由基之第二反應氣體以形成含鎢薄膜，該含鎢化合物具有經驗式 WCl_5 或 WCl_6 。

【0015】 本發明之一或更多個實施例係針對處理方法，該處理方法包含：將基板定位在包含氣體分佈組件之處理腔室中，該氣體分佈組件包括複數個狹長氣體埠，該等複數個狹長氣體埠包括第一反應氣體埠及第二反應氣體埠，第一反應

氣體埠與包含具有經驗式 WCl_5 或 WCl_6 之含鎢化合物的第一反應氣體流體連通且第二反應氣體埠與包含氫之第二反應氣體流體連通，氣體分佈組件使第一反應氣體及第二反應氣體兩者同時流入處理腔室內。使第二反應氣體通過加熱元件以在第二反應氣體中產生氫自由基。將基板之至少一部分順序地暴露至第一反應氣體及第二反應氣體中之氫自由基以於基板上形成鎢薄膜。

【0016】 在一些實施例中，第二反應氣體包含含氫化合物且含鎢薄膜為鎢薄膜。在一些實施例中，含鎢薄膜基本上由鎢組成。在一或更多個實施例中，第二反應氣體包含含氮化合物且含鎢薄膜包含氮化鎢。在一些實施例中，第二反應氣體包含含矽化合物且含鎢薄膜包含矽化鎢 (WSi_x)。

【0017】 在一些實施例中，第二反應氣體進一步包含氫。在一或更多個實施例中，第二反應氣體包含含矽化合物及含氮化合物之混合物，且含鎢薄膜包含鎢矽氮化物 (WSi_xN_y)。

【0018】 在一些實施例中，基板包含功函數金屬。在一或更多個實施例中，功函數金屬包含 Ti 及/或 TiAl。在一些實施例中，在功函數金屬與基本上由鎢組成之薄膜之間不存在介入層。在一或更多個實施例中，在功函數金屬與基本上由鎢組成之薄膜之間存在介入層，該介入層具有小於約 5 埃之厚度。

【0019】 在一些實施例中，在沉積含鎢薄膜之前，基板包含氧化層，且方法進一步包含約 5 托至約 20 托之範圍內的分壓下以二矽烷或氫與矽烷之混合物浸漬基板。

【0020】 在一些實施例中，含錫薄膜以在約 0.2 Å/循環及約 3 Å/循環之範圍內的速率生長。

【0021】 一些實施例進一步包含自氫氣產生氫自由基。在一或更多個實施例中，自氫氣產生氫自由基包含使氫氣通過加熱元件，該加熱元件具有足夠產生氫自由基之溫度。一些實施例進一步包含加熱加熱元件至足夠產生氫自由基之溫度。在一些實施例中，加熱加熱元件包含提供經由加熱元件流動之電流。一或更多個實施例進一步包含施加動態張力至加熱元件之端部以防止加熱元件在足夠產生氫自由基之溫度下下垂。

【0022】 在一些實施例中，加熱元件係含在實質上耐熱膨脹的外殼內。在一些實施例中，外殼經附加至氣體分佈組件之前表面以便流自第二反應氣體埠之第二反應氣體經由外殼且在加熱元件周圍流動。一或更多個實施例進一步包含相對於氣體分佈組件移動基板，以便將基板之每一部分暴露至基本上按順序由第一反應氣體及第二反應氣體組成之氣體流動。

【0023】 在一些實施例中，基板係保持在小於約 475°C 之溫度下。在一或更多個實施例中，基板係保持在大於約 350°C 之溫度下。

【0024】 本發明之一或更多個實施例係針對處理方法，處理方法包含以矽烷浸漬基板及將先前以矽烷浸漬過之基板順序地暴露至第一反應氣體及第二反應氣體以形成錫薄膜，第一反應氣體包含含錫化合物及氫，該含錫化合物包含具有經驗式 W_xCl_{5x} 的化合物，第二反應氣體包含還原劑。在一些實施

例中，第一反應氣體包含氫原子多於鎢原子。在一或更多個實施例中，第一反應氣體包含以約 1:2 至 1:20 之範圍內的比存在的含鎢化合物及氫。

【0025】 本發明之一些實施例係針對處理方法，該等處理方法包含在電晶體內沉積一厚度的鎢作為功函數材料上之充填材料，處理沉積之鎢薄膜及重複以形成期望厚度之鎢充填，其中處理鎢薄膜包含以下之一或更多者：(1)將充填材料順序地暴露至四氯化鈦及氫；(2)將充填材料浸漬在四氯化鈦中；及(3)將充填材料暴露至氫電漿達在約 10 秒至約 30 秒之範圍內的時間。在一或更多個實施例中，在(a)中經沉積為充填材料的鎢之厚度係在約 10 Å 至約 30 Å 的範圍內。在一些實施例中，TiN 之量係小於約 $\frac{1}{2}$ 的單層厚度。

【0026】 在一些實施例中，當鎢薄膜具有約 70 Å 之厚度時，鎢薄膜具有大於約 60 Å 之晶粒大小。在一或更多個實施例中，當鎢薄膜具有約 200 Å 之厚度時，鎢薄膜具有小於約 30 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 之電阻率。

【0027】 形成保形鎢薄膜之方法包含：將一表面順序地暴露至包含含鎢化合物之第一反應氣體達第一時間及暴露至包含氫之第二反應氣體達第二時間來沉積鎢薄膜，第一時間及第二時間皆小於約 2 秒。在一些實施例中，鎢薄膜係以小於約 1 Å/循環的速率生長。在一或更多個實施例中，鎢薄膜係以小於約 0.8 Å/循環的速率生長。

【0028】 本發明之一些實施例係針對積體電路電晶體裝置，該等積體電路電晶體裝置包含安置在通道上之介電層、安置

在介電層上的功函數金屬及安置在功函數層上的充填層，其中充填層基本上由 W 組成。

【0029】 一或更多個實施例係針對積體電路電晶體裝置，積體電路電晶體裝置包含安置在通道上之介電層、介電層上基本上由鎢組成之功函數層。

【0030】 在一些實施例中，功函數金屬實質上不含氟。在一或更多個實施例中，充填層實質上不含氟。

【0031】 在一些實施例中，在功函數金屬與基本上由鎢組成之薄膜之間不存在介入層。在一或更多個實施例中，在功函數金屬與基本上由鎢組成之薄膜之間存在介入層，該介入層具有小於約 5 埃之厚度。

【0032】 一或更多個實施例係針對處理方法，處理方法包含在電晶體內沉積一厚度的鎢作為功函數材料上之充填材料；處理沉積之鎢薄膜；及重複以形成期望厚度之鎢充填。處理鎢薄膜包含以下之一或更多者：(1)將充填材料順序地暴露至四氯化鈦及氬；(2)將充填材料浸漬在四氯化鈦中；及(3)將充填材料暴露至氬電漿達在約 10 秒至約 30 秒之範圍內的時間。在一些實施例中，在(a)中經沉積為充填材料的鎢之厚度係在約 10 Å 至約 30 Å 的範圍內。在一或更多個實施例中，TiN 之量係小於約 ½ 的單層厚度。

【圖式簡單說明】

【0033】 因此，可詳細理解本發明之上述特徵結構之方式，即可參照實施例更具體描述上文簡要概述之本發明，一些實施例圖示於附加圖式中。然而，應注意，附加圖式僅圖示本

發明之典型實施例，且因此不欲視為本發明範疇之限制，因為本發明可允許其他同等有效之實施例。

【0034】 第 1 圖圖示根據本文描述之一個實施例使用雙脈衝循環沉積技術形成鎢層之示例性製程序列；

【0035】 第 2 圖圖示示例性 ALD 處理系統；

【0036】 第 3 圖圖示示例性空間 ALD 處理系統；

【0037】 第 4 圖圖示供空間 ALD 處理系統使用之基座；

【0038】 第 5 圖圖示根據本發明之一或更多個實施例之氣體分佈組件之透視圖；

【0039】 第 6 圖圖示根據本發明之一或更多個實施例之氣體分佈組件之前視圖；

【0040】 第 7 圖圖示根據本發明之一或更多個實施例之氣體分佈組件之前視圖；

【0041】 第 8 圖圖示根據本發明之一或更多個實施例之供氣體分佈組件使用之線外殼的透視圖；

【0042】 第 9 圖圖示根據本發明之一或更多個實施例之組件的視圖；

【0043】 第 10 圖圖示根據本發明之一或更多個實施例之組件的視圖；

【0044】 第 11 圖圖示根據本發明之一或更多個實施例之組件的視圖；

【0045】 第 12 圖圖示根據本發明之一或更多個實施例之組件的視圖；

【0046】 第 13 圖圖示根據本發明之一或更多個實施例之氣

體分佈組件之橫截面圖；及

【0047】 第 14 圖圖示根據本發明之一或更多個實施例之氣體分佈組件之橫截面圖。

【0048】 第 15A 圖圖示示例性整合處理平臺；

【0049】 第 15B 圖圖示另一示例性整合處理平臺；

【0050】 第 16 圖圖示供本發明之實施例使用之批處理腔室之示意性橫截面圖；及

【0051】 第 17 圖圖示供本發明之實施例使用之批處理腔室之示意圖。

【實施方式】

【0052】 本發明之實施例提供用於沉積含鎢薄膜之改進製程。各種實施例之製程使用蒸氣沉積技術，諸如原子層沉積 (ALD)，以提供具有顯著改進之表面均勻性及生產水準產出量的鎢薄膜。在一些實施例中，製程允許在無阻障層的情況下將含鎢薄膜沉積於 n-金屬表面上。在一些實施例中，方法藉由在較低的處理溫度下提供含鎢薄膜之保形沉積、節省正形成之裝置的熱預算而有利地提高生產力及處理半導體基板之效率。

【0053】 如本文所使用，「基板表面」係指於上面執行薄膜處理之基板之任何部分或形成於基板上之材料表面之部分。舉例而言，於上面可執行處理之基板表面取決於應用包括：諸如矽、氧化矽、氮化矽、摻雜矽、鍺、砷化鎵、玻璃、藍寶石之材料；及任何其他材料，諸如金屬、金屬氮化物、金屬合金及其他導電材料。基板表面上之阻障層、金屬或金屬

氮化物包括鈦、氮化鈦、氮化鎢、鉭及氮化鉭。基板表面亦可包括介電材料，諸如二氧化矽及碳摻雜之氧化矽。基板可具有各種尺寸，諸如 200 mm 或 300 mm 直徑的晶圓以及矩形面板或正方形面板。在一些實施例中，基板包含剛性離散材料。

【0054】 如本文所使用，「原子層沉積」或「循環沉積」係指順序暴露兩種或更多種反應化合物以於基板表面上沉積材料層。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，術語「反應化合物」、「反應氣體」、「反應物種」、「前驅物」、「製程氣體」等可互換用於意指具有能夠在表面反應中（例如，化學吸附、氧化、還原）與基板表面或基板表面上之材料反應之物種的物質。基板或基板之部分係順序地暴露至兩種或更多種反應化合物，該等反應化合物經引入處理腔室之反應區內。在時域 ALD 製程中，至每一反應化合物之暴露由時間延遲分開，以允許每一化合物黏著於基板表面及/或在基板表面上發生反應。在空間 ALD 製程中，基板表面之不同部分或基板表面上之材料係同時暴露至兩種或更多種反應化合物，以便基板上之任何已知點實質上不同時暴露至多於一種反應化合物。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，如熟習此項技術者將理解，用於此方面之術語「實質上」意指存在以下可能性：基板之小部分可能由於擴散而同時暴露至多種反應氣體且同時暴露是不當的。

【0055】 在時域 ALD 製程之一個態樣中，第一反應氣體（亦即，第一前驅物或化合物 A）經脈衝輸送至反應區內，繼之

以第一時間延遲。緊接著，第二前驅物或化合物 B 經脈衝輸送至反應區內，繼之以第二延遲。在每一時間延遲期間，諸如氫氣之淨化氣體經引入處理腔室內以淨化反應區或另外自反應區移除任何殘留反應化合物或副產物。或者，整個沉積製程期間淨化氣體可連續不斷地流動，以便在介於反應化合物之脈衝之間的時間延遲期間僅淨化氣體流動。或者脈衝輸送反應化合物直至基板表面上形成期望薄膜或薄膜厚度。在任一情況中，脈衝輸送化合物 A、淨化氣體、化合物 B 及淨化氣體之 ALD 製程為循環。循環可從化合物 A 或化合物 B 開始且繼續各別順序之循環直至達到具有期望厚度之薄膜。

【0056】 在空間 ALD 製程之態樣中，第一反應氣體及第二反應氣體（例如，氫自由基）係同時輸送至反應區但藉由惰性氣體幕及/或真空幕分離。基板係相對於氣體輸送設備移動以便將基板上之任何已知點暴露至第一反應氣體及第二反應氣體。

【0057】 第 1 圖描繪根據本發明之一些實施例用於在基板上形成含鎢層之方法。方法 100 大體開始於 102，其中提供具有表面之基板且將該基板置放至處理腔室內，含鎢層將形成於該表面上。如本文所使用，「基板表面」係指層可形成於上面之任何基板表面。基板表面可具有在該基板表面中形成之一或更多個特徵結構、在該基板表面上形成之一或更多個層及該一或更多個特徵結構與該一或更多個層之組合。基板（或基板表面）可在沉積含鎢層之前例如藉由研磨、蝕刻、還原、氧化、鹵化、羥基化、退火、烘烤等預先處理。

【0058】 基板可為能夠使材料沉積於該基板上之任何基板，諸如矽基板、III-V 族化合物基板、矽鍺(SiGe)基板、磊晶基板、絕緣層上矽(silicon-on-insulator; SOI)基板、諸如液晶顯示(LCD)、電漿顯示、電致發光(electro luminescence; EL)燈顯示之顯示基板、太陽能陣列、太陽能面板、發光二極體(light emitting diode; LED)基板、半導體晶圓等。在一些實施例中，一或更多個額外層可安置於基板上以使得含鎢層可至少部分地形成於該一或更多個額外層上。舉例而言，在一些實施例中，包含金屬、氮化物、氧化物等或前述各者之組合的層可安置於基板上且可使含鎢層形成於此層或多個層上。

【0059】 在一些實施例中，在開始循環沉積製程以於基板上形成含鎢層（如下文在 104 處所論述）之前，可將基板暴露至可選浸漬製程 103，如 103 處以虛線所示。在一或更多個實施例中，於基板上沉積含鎢層 104 之方法不要求浸漬製程。此意指，在沉積薄膜之前的浸漬實質上不存在優勢。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，在此方面使用之術語「實質上無優勢」意指，在沉積速率中存在小於約 10%的增加或在所沉積薄膜之保形性及均勻性中存在小於約 20%的差異。雖如此說，但存在下文進一步論述之實施例，其中預浸漬形成整體製程之重要部分。在一些實施例中，浸漬製程可包含將基板加熱至浸漬溫度，隨後將基板暴露至浸漬氣體。舉例而言，在一些實施例中，可將基板加熱至以下的溫度：約 100°C 至約 600°C，或在一些實施例中，約 200°C 至約 600°C，或在一些實施例中約 300°C 至約 500°C，或在一些實施例

中約 350°C 至約 420°C，或在一些實施例中約 375°C 至約 500°C。

【0060】 在一些實施例中，浸漬氣體可包含還原氣體，該還原氣體包含氫氣及/或氫化物化合物，諸如矽烷化合物（例如，矽烷、二矽烷、三矽烷、四矽烷、氯矽烷、二氯矽烷、四氯矽烷、六氯二矽烷、甲基矽烷等）、硼烷化合物（例如，甲硼烷、二硼烷、三硼烷、四硼烷、五硼烷、烷基硼烷等）、磷化氫、氨、胺化合物、氫、前述各者之衍生物、前述各者之組合等。當存在還原氣體時，還原氣體吸附至基板表面及/或與基板表面反應以形成經處理表面。在一些實施例中，處理過的表面提供更快的沉積製程用於整體平滑及更加均勻之隨後沉積層。

【0061】 在一些實施例中，基板經受矽烷浸漬。該等實施例中的一些實施例使用實質上僅矽烷的矽烷浸漬。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，在此方面使用之術語「實質上僅矽烷」意指浸漬流體為 99%或更多矽烷作為浸漬製劑。舉例而言，當不包括稀釋劑（氫）時，氫中 5%矽烷之浸漬溶液將被視為 100%矽烷。

【0062】 在一些實施例中，還原氣體含有以下的氫/氫化物流量比：約 40:1 或更大，或在一些實施例中，約 100:1 或更大，或在一些實施例中，約 500:1 或更大，或在一些實施例中，約 800:1 或更大，或在一些實施例中，約 1000:1 或更大。在一些實施例中，氫化物化合物（例如，二硼烷）可具有以下的流量：約 1 sccm 至約 75 sccm，或在一些實施例中，約 3 sccm

至約 30 sccm，或在一些實施例中，約 5 sccm 至約 15 sccm。在一些實施例中，氫化物化合物可在載體氣體（例如，氫氣、氮氣、氬氣、氦氣等）內，以使得混合物可具有以下的流量：在約 50 sccm 至約 500 sccm 之範圍內，或在一些實施例中，約 75 sccm 至約 400 sccm，或在一些實施例中，約 100 sccm 至約 300 sccm。在一些實施例中，氫氣可以以下流量提供：約 1 slm 至約 20 slm，或在一些實施例中，自約 3 slm 至約 15 slm，或在一些實施例中，自約 5 slm 至約 10 slm。氫/氫化物流量比可藉由總體氫流量除以總體氫化物流量而計算。總體氫流量含有全部氫源之和，包括任何氫載體氣體之流量及任何獨立氫氣之流量。

【0063】 在一些實施例中，還原氣體可在處理/沉積腔室內混合或在外部混合且可來自多個源。舉例而言，在一些實施例中，將基板暴露至還原氣體，該還原氣體係藉由在腔室中組合還原或氫化物化合物及氫混合物（例如， H_2 中 5% B_2H_6 ）之氣體流動與氫氣之氣體流動而形成。在另一實施例中，在一些實施例中，還原或氫化物化合物及氫混合物（例如， H_2 中 5% B_2H_6 ）之氣體流動及氫氣之氣體流動係在進入腔室之前組合。可利用額外的製程參數促進浸漬製程。舉例而言，在一些實施例中，浸漬製程可經執行同時保持製程腔室中之壓力為約 1 托至約 150 托，或在一些實施例中，自約 1 托至約 100 托，或在一些實施例中，自約 10 托至約 50 托，或在一些實施例中，自約 20 托至約 40 托，或在一些實施例中，約 5 托至約 20 托。在一些實施例中，浸漬製程可經執行達以下的時

間週期：在約 1 秒至約 90 秒內，或在一些實施例中，小於約 60 秒，或在一些實施例中，小於約 30 秒，或在一些實施例中，小於約 10 秒。

【0064】 緊接著，在步驟 104，含鎢層係形成於基板上。含鎢層可經由諸如原子層沉積(ALD)等循環沉積製程形成。在一些實施例中，經由循環沉積製程形成含鎢層可大體包含將基板順序地暴露至兩種或更多種製程氣體。在時域 ALD 實施例中，至每一製程氣體之暴露由時間延遲/暫停分開，以允許製程氣體之組分黏著於基板表面及/或在基板表面上發生反應。替代地或在組合中，在一些實施例中，可在將基板暴露至製程氣體之前及/或在將基板暴露至製程氣體之後執行淨化，其中惰性氣體係用來執行淨化。舉例而言，第一製程氣體可經提供至製程腔室，隨後以惰性氣體淨化。緊接著，第二製程氣體可經提供至製程腔室，隨後以惰性氣體淨化。在一些實施例中，惰性氣體可經連續不斷地提供至製程腔室且第一製程氣體可經劑量投配或脈衝輸送至製程腔室內，隨後第二製程氣體經劑量投配或脈衝輸送至製程腔室內。在此等實施例中，在第一製程氣體及第二製程氣體之劑量投配之間可出現延遲或暫停，以允許連續流動之惰性氣體在製程氣體之劑量投配之間淨化製程腔室。

【0065】 在空間 ALD 實施例中，至每一製程氣體之暴露同時出現至基板之不同部分，以便將基板之一部分暴露至第一反應氣體同時將基板之不同部分暴露至第二反應氣體（若僅使用兩種反應氣體）。基板係相對於氣體輸送系統移動，以便

基板上之每一點係順序地暴露至第一反應氣體及第二反應氣體兩者。在上文對於時域 ALD 製程及空間 ALD 製程兩者所描述之任何實施例中，可重複順序直至基板表面上形成期望層厚度。

【0066】 如本文所使用，「脈衝」或「劑量」意欲代表間歇地或非連續地引入製程腔室內之源氣體之量。特定化合物在每一脈衝內的量可隨著時間推移而變化，此取決於脈衝的持續時間。特定製程氣體可包括單種化合物或兩種或更多種化合物之混合物/組合，例如，如下所述之製程氣體。

【0067】 每一脈衝/劑量之持續時間係可變的且可經調整以適應例如處理腔室之體積容量以及耦接至處理腔室之真空系統的容量。另外，製程氣體之劑量時間可根據製程氣體之流量、製程氣體之溫度、控制閥之類型、所使用製程腔室之類型以及製程氣體吸附至基板表面上之組分的能力而變化。劑量時間亦可基於正形成之層的類型及正形成之裝置的幾何形狀而變化。劑量時間應足夠長以提供足以吸附/化學吸附至基板之實質上整體表面上的一定體積的化合物且在該整體表面上形成製程氣體組分之層。

【0068】 在步驟 104 形成含鎢層之製程可藉由將基板暴露至第一反應氣體開始。在一些實施例中，第一反應氣體包含鎢前驅物（亦稱為含鎢氣體等）且經暴露至基板達第一時間週期，如在 106 所示。鎢前驅物可為任何合適的含鎢氣體，包括但不限於基於鹵化物之鎢前驅物或基於有機金屬的鎢前驅物。舉例而言，在一些實施例中，鎢前驅物可包含五氯化鎢

(WCl_5)、具有經驗式 WCl_5 之化合物(例如, W_2Cl_{10} 、 W_3Cl_{15})、六氯化鎢(WCl_6)、具有經驗式 WCl_6 之化合物(例如, W_2Cl_{12})、六氟化鎢(WF_6)。在一或更多個實施例中, 含鎢前驅物係選自由以下各者組成之群組: 五氯化鎢、具有經驗式 WCl_5 之化合物及六氯化鎢。在一些實施例中, 含鎢化合物包含具有經驗式 W_xCl_{5x} 之化合物, 其中 x 係大於或等於約 1 且 y 係大於或等於約 5。在不受任何特定操作理論約束之情況下, 應相信, 自氟化物至氯化物改變陰離子導致限制擴散之較大離子, 此導致更大的傳導。在一些實施例中, 含鎢薄膜是實質上無碳的。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用, 術語「實質上無碳」意指在薄膜中存在小於約 1% 或 0.5% 或 0.1% 的碳原子。

【0069】 含鎢製程氣體可以一或更多個脈衝提供或連續不斷地提供。含鎢氣體之流量可為任何合適的流量, 包括但不限於以下的流量: 在約 1 sccm 至約 5000 sccm 之範圍內, 或在約 2 sccm 至約 4000 sccm 之範圍內, 或在約 3 sccm 至約 3000 sccm 之範圍內或在約 5 sccm 至約 2000 sccm 之範圍內。含鎢前驅物可在任何合適的壓力下提供, 包括但不限於以下的壓力: 在約 5 mTorr 至約 25 托之範圍內, 或在約 100 mTorr 至約 20 托之範圍內, 或在約 5 托至約 20 托之範圍內, 或在約 50 mTorr 至約 2000 mTorr 之範圍內, 或在約 100 mTorr 至約 1000 mTorr 之範圍內, 或在約 200 mTorr 至約 500 mTorr 之範圍內。

【0070】 將基板暴露至含鎢氣體之時間週期可為允許鎢前驅

物在基板表面頂上形成足夠成核層所必需的任何合適的時間量。舉例而言，製程氣體可流入製程腔室達約 0.1 秒至約 90 秒之週期。在一些時域 ALD 製程中，含鎢氣體經暴露至基板表面達以下的時間：在約 0.1 秒至約 90 秒之範圍內，或在約 0.5 秒至約 60 秒之範圍內，或在約 1 秒至約 30 秒之範圍內，或在約 2 秒至約 25 秒之範圍內，或在約 3 秒至約 20 秒之範圍內，或在約 4 秒至約 15 秒之範圍內，或在約 5 秒至約 10 秒之範圍內。

【0071】 在一些實施例中，惰性氣體可在與含鎢氣體相同的時間另外提供至製程腔室。惰性氣體可與含鎢氣體（例如，作為稀釋氣體）混合或單獨存在且可經脈衝輸送或具有恆定流量。在一些實施例中，惰性氣體係以在約 1 sccm 至約 10000 sccm 之範圍內的恆定流量流入處理腔室。惰性氣體可為任何惰性氣體，例如，氬氣、氮氣、氦氣、前述各者之組合等。在一或更多個實施例中，含鎢氣體係在流入製程腔室之前與氬氣混合。

【0072】 基板在沉積期間之溫度可例如藉由設置基板支撐件或基座之溫度而控制。在一些實施例中，基板係保持在以下溫度下：在約 300°C 至約 475°C 之範圍內，或在約 350°C 至約 450°C 之範圍內。在一或更多個實施例中，基板係保持在以下溫度下：小於約 475°C，或小於約 450°C，或小於約 425°C，或小於約 400°C，或小於約 375°C。

【0073】 除前述內容外，可調節額外的製程參數同時將基板暴露至含鎢製程氣體。舉例而言，在一些實施例中，製程腔

室可經保持在約 0.3 托至約 90 托的壓力下。

【0074】 在一些實施例中，低電阻率薄膜（或可調晶粒大小薄膜）係使用矽烷預浸漬及 ALD W 沉積之組合而沉積。舉例而言，基板在任何 ALD 循環之前係浸漬在實質上僅矽烷中（亦即，在第 1 圖之步驟 103 中）。含鎢前驅物在鎢暴露步驟 106 期間與相對低量的氫氣共流動。與含鎢前驅物共流動之氫的量係足夠低以使得實質上不存在 CVD 沉積。氫之相對低流量係相對於步驟 110 中還原所需要之氫的量，而不是相對於正共流動之鎢前驅物的量。舉例而言，氫係以約 5 sccm 共流動（其中，此處氫的量大於還原的量的約 2000 倍）。在一些實施例中，含有含鎢化合物及氫之第一反應氣體具有氫原子多於鎢原子。在一或更多個實施例中，含鎢前驅物與氫之混合物係在約 1:2 至 1:20 之範圍內。發明者已驚喜地發現，以使用矽烷浸漬及氫共流動之製程沉積之鎢薄膜具有比其他製程更高的晶粒大小及更低的電阻率。藉由標準製程（亦即，無矽烷預浸漬及/或無氫共流動）沉積之 70 Å 鎢薄膜具有 33 Å 之晶粒大小。使用矽烷浸漬及氫共流動之 70 Å 鎢薄膜之晶粒大小為約 70 Å。在一些實施例中，當鎢薄膜之厚度為約 70 Å 時，鎢薄膜具有大於或等於約 60 Å 或 65 Å 之晶粒大小。藉由標準製程沉積之 200 Å 鎢薄膜具有約 40 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 之電阻率，同時藉由矽烷浸漬及氫共流動製程沉積之薄膜具有約 20 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 之電阻率。在一些實施例中，當鎢薄膜具有約 200 Å 之厚度時，鎢薄膜具有小於或等於約 20 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 或 25 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 之電阻率。

【0075】 緊接著，在步驟 108，製程腔室（尤其在時域 ALD 中）可使用惰性氣體淨化。（在空間 ALD 製程中可能不需要此操作，因為存在分離反應氣體之氣幕。）惰性氣體可為任何惰性氣體，例如氫氣、氮氣、氬氣等。在一些實施例中，惰性氣體可為相同的，或者可不同於在 106 處將基板暴露至第一製程氣體期間提供至製程腔室之惰性氣體。在其中惰性氣體為相同的實施例中，淨化可藉由使第一製程氣體自製程腔室轉移、允許惰性氣體流經製程腔室而執行，從而淨化具有任何過量第一製程氣體組分或反應副產物之製程腔室。在一些實施例中，惰性氣體可以上述結合第一製程氣體使用之相同流量提供，或在一些實施例中，可增加或減少流量。舉例而言，在一些實施例中，惰性氣體可以約 0 sccm 至約 10000 sccm 之流量提供至製程腔室以淨化製程腔室。在空間 ALD 中，淨化氣體幕係保持在反應氣體之流動之間且可能不需要淨化製程腔室。然而，在一些實施例中，製程腔室可以惰性氣體淨化。

【0076】 惰性氣體之流動可促進自製程腔室移除任何過量的第一製程氣體組分及/或過量的反應副產物以防止第一製程氣體及第二製程氣體之不當氣相反應。舉例而言，惰性氣體之流動可自製程腔室移除過量的含鎢氣體，從而防止在鎢前驅物與後續反應氣體之間的反應。

【0077】 緊接著，在步驟 110，將基板暴露至第二製程氣體達第二時間週期。第二製程氣體與基板表面上之含鎢化合物反應以產生沉積薄膜。第二製程氣體可對所得鎢薄膜具有重

要影響。舉例而言，當第二製程氣體為 H_2 時，沉積鎢薄膜，但當第二反應氣體為矽烷或二矽烷時，沉積矽化鎢薄膜。

【0078】 在一些實施例中，第二反應氣體包含氫且所得的形成薄膜為鎢薄膜。氫氣可以大於含鎢氣體濃度之流量供應至基板表面。在一或更多個實施例中， H_2 之流量係大於含鎢氣體之流量的約 1 倍，或含鎢氣體之流量的約 100 倍，或在含鎢氣體之流量的約 3000 倍至 5000 倍的範圍內。在時域 ALD 中，氫氣可經供應達以下的時間：在約 1 秒至約 30 秒之範圍內，或在約 5 秒至約 20 秒之範圍內，或在約 10 秒至約 15 秒之範圍內。氫氣可在以下壓力下供應：在約 1 托至約 30 托之範圍內，或在約 5 托至約 25 托之範圍內，或在約 10 托至約 20 托之範圍內，或多達約 50 托。基板溫度可保持在任何適合溫度下。在一或更多個實施例中，基板係保持在小於約 $475^\circ C$ 之溫度下或在大約與含鎢薄膜沉積期間基板之溫度相同的溫度下。

【0079】 在一些實施例中，特徵結構之保形覆蓋在脈衝輸送步驟及淨化步驟兩者中係使用通常約 1 秒至 2 秒之小步時間執行。此時間對於以下各者係足夠的：在脈衝輸送步驟中前驅物至基板表面上之合理吸附及在淨化步驟中自氣體輸送路徑以及腔室空腔淨化除掉過量的前驅物或還原氣體。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，術語「合理吸附」係足夠用於薄膜生長之吸附。在一些實施例中，鎢薄膜係以以下速率生長：小於或等於約 $0.9 \text{ \AA}/\text{循環}$ 、 $0.8 \text{ \AA}/\text{循環}$ 、 $0.7 \text{ \AA}/\text{循環}$ 或 $0.6 \text{ \AA}/\text{循環}$ 。較低的生長速率有益於保形生長，而較高

的生長速率（例如，高於約 1 Å/循環）傾向於生長非保形薄膜。本發明之一或更多個實施例係針對保形鎢薄膜。

【0080】 在一些實施例中，第二反應氣體包含氫自由基。氫自由基可藉由任何合適的手段產生，包括氫氣至「熱線」之暴露。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，術語「熱線」意指可經加熱至足以在繞元件流動之氣體中產生自由基之溫度的任何元件。此亦稱為加熱元件。

【0081】 因此，本發明之一或更多個實施例係針對處理基板或沉積薄膜之方法。將基板之至少一部分順序地暴露至包含金屬錯合物之第一反應氣體及第二反應氣體。金屬錯合物可為用於 ALD 處理之任何合適的金屬錯合物，包括但不限於有機金屬錯合物。在一些實施例中，有機金屬錯合物包含含鎢化合物。一些實施例之含鎢化合物具有經驗式 WCl_5 （例如， WCl_5 、 W_2Cl_{10} ）。在一或更多個實施例中，含鎢化合物具有經驗式 WCl_6 （例如， WCl_6 、 W_2Cl_{12} ）。第二反應氣體可包含氫自由基。一些實施例之方法係空間原子層沉積腔室中之做法或藉由空間原子層沉積製程所進行之做法。空間 ALD 對於以氫自由基沉積鎢薄膜可尤其有效，因為用來產生自由基之裝置（例如，熱線）可與金屬有機前驅物隔離，該等金屬有機前驅物經常與熱線材料不相容。

【0082】 第二反應氣體（例如，氫）在通過熱線或加熱元件時變得自由基化。舉例而言，通過熱鎢線之 H_2 可導致產生 H^* 。該等氫自由基比基態氫原子更容易反應。

【0083】 為了有效，加熱元件必須經加熱至足以產生自由基

之溫度。加熱可藉由例如傳遞足夠電流通過加熱元件以升高加熱元件之溫度而發生。

【0084】 緊接著，在 112，製程腔室可使用惰性氣體淨化。惰性氣體可為任何惰性氣體，例如氬氣、氮氣、氖氣等。在一些實施例中，惰性氣體可為相同或者可不同於在先前製程步驟期間提供至製程腔室之惰性氣體。在其中惰性氣體為相同的實施例中，淨化可藉由使第二製程氣體自製程腔室轉移、允許惰性氣體流經製程腔室而執行，從而淨化具有任何過量第二製程氣體組分或反應副產物之製程腔室。在一些實施例中，惰性氣體可以上述結合第二製程氣體使用之相同流量提供，或在一些實施例中，可增加或減少流量。舉例而言，在一些實施例中，惰性氣體可以約 0 sccm 至約 10000 sccm 之流量提供至製程腔室以淨化製程腔室。

【0085】 儘管第 1 圖圖示之處理方法之通用實施例包括僅兩個脈衝之反應氣體，但應理解，此僅為示例性的且可要求反應氣體之額外脈衝。舉例而言，一些實施例之氮化物薄膜可藉由以下各者生長：含有如五氯化鎢之前驅物氣體的第一脈衝、具有還原劑之第二脈衝，繼之以淨化及用於氮化之第三脈衝。脈衝可重複該等脈衝之整體或部分。舉例而言，可重複全部三個脈衝或可僅重複兩個。此可按需要對於每一循環變化。

【0086】 緊接著，在 114，決定含鎢層是否達到預定厚度。若未達到預定厚度，則方法 100 返回至 104 以繼續形成含鎢層直至達到預定或期望的厚度。一旦已達到預定厚度，則方

法 100 可結束或進行至 116，此處可執行整體沉積製程以沉積剩餘厚度的含錫層。在一些實施例中，整體沉積製程可為 CVD 製程。在完成沉積含錫層至期望厚度後，方法 100 大體結束且基板可進行任何進一步處理。舉例而言，在一些實施例中，可執行 CVD 製程以整體沉積含錫層至目標厚度。舉例而言，在一些實施例中，含錫層可經由錫前驅物與氫自由基之 ALD 或 CVD 反應而沉積以形成以下的總體層厚度：約 10 Å 至約 10000 Å，或在一些實施例中，約 10 Å 至約 1000 Å，或在一些實施例中，約 500 Å 至約 5000 Å。

【0087】 儘管描述已大體將含錫氣體稱為第一氣體，但熟習此項技術者將瞭解，此僅為說明性的。在一些實施例中，將基板首先暴露至第二反應氣體，接著暴露至含錫氣體。

【0088】 在任何上述實施例中，由將基板暴露至第一製程氣體、以惰性氣體淨化、將基板暴露至第二製程氣體及以惰性氣體淨化組成之每一循環可在基板上形成具有約 0.1 Å 至約 1.5 Å 之厚度的含錫層。在一些實施例中，厚度按以下速率生長：在約 0.1 Å/循環至約 5 Å/循環之範圍內，或在約 0.2 Å/循環至約 3 Å/循環之範圍內，或在約 0.3 Å/循環至約 2 Å/循環之範圍內。順序可經重複直至達到含錫層之期望總體厚度。舉例而言，在一些實施例中，含錫層可包含約 2 Å 至約 200 Å 之總體厚度，或在一些實施例中約 50 Å 之總體厚度。因此，沉積製程可要求多達約 2000 次循環以達到期望厚度。

【0089】 在任何上述實施例中，每一脈衝之流量及/或持續時間可為相同或可在形成特定含錫層所要求之總體循環之過程

中變化，從而促進層具有均勻組合物或分級組合物。

【0090】 在一些實施例中，預調節基板表面。舉例而言，若基板之表面為氧化物，則可能期望使用氫化物或氫化物/氫混合物執行預浸漬。氫化物吸附基板表面及/或與基板表面反應來形成經調節表面，以允許形成均勻含鎢層。在一些實施例中，氫化物可包含矽烷(Si_xH_y)化合物（例如，矽烷(SiH_4)、二矽烷(Si_2H_6)、三矽烷(Si_3H_8)、氯矽烷、二氯矽烷(H_2SiCl_2)等）、硼烷(B_xH_y)化合物（例如，二硼烷(B_2H_6)、三硼烷(B_3H_8)、五硼烷(B_5H_9)等）、磷化氫(PH_3)、前述各者之衍生物、前述各者之組合等。另外，在一些實施例中，氫化物可經稀釋在稀釋劑氣體中，例如惰性氣體，諸如氬氣(Ar)、氦氣(He)、氮氣(N_2)、氫氣(H_2)等。舉例而言，在此等實施例中，氫化物可以按體積計約 5%氫化物與約 95%稀釋劑氣體之混合物提供。在例如其中氫化物包含二硼烷之一些實施例中，氫化物之流量可為約 1 sccm 至約 75 sccm。

【0091】 在實施例中，鎢薄膜可藉由置放具有 10 Å 或更厚之金屬層（諸如 ALD TiN、TiSiN、TiAl、PVD Ti、TiN）的基板來形成，或若是藉由置放具有氧化物之基板來形成，則於保持在約 400°C 至約 475°C 之範圍內的溫度下的底座上在 5 托至 20 托之分壓下以二矽烷或氫與矽烷之混合物浸漬。含鎢化合物（例如， WCl_5 或 WCl_6 ）可在 5 托至 20 托下以氬氣之混合物脈衝輸送至晶圓表面，隨後以氬氣（或另一惰性氣體）淨化。氬氣壓力經增加至約 20 托且隨後開始氫脈衝輸送。氫自由基脈衝輸送可在高流量下進行，以便氫與含鎢化合物之

比在約 3000 至 5000 之範圍內達約 10 秒至 15 秒。腔室係以氫氣（或另一惰性氣體）淨化達 5 秒至 10 秒。重複循環直至鎢薄膜之生長達到指定厚度。

【0092】 本發明之一些實施例係針對含鎢薄膜。該等薄膜包括鎢金屬薄膜、氮化鎢、矽化鎢及鎢矽氮化物。含鎢薄膜可用於許多適當目的，包括但不限於 p-金屬功函數層及充填材料。

【0093】 因此，本發明之一些實施例係針對無氟鎢薄膜，該等無氟鎢薄膜用作在邏輯應用及記憶體應用兩者中製造場效電晶體(field effect transistor; FET)裝置中之金屬閘極之 p 金屬功函數層。藉由所述製程生長之薄膜具有顯著權益，包括比目前用作閘極金屬之其他薄膜顯著更低的電阻率及更高的熱穩定性（可經退火高達 1000°C）。熱穩定性對於記憶體應用中之 VNAND 及 BWL 尤其重要。本發明之一或更多個實施例係針對鎢薄膜，該等鎢薄膜具有大於約 4.6 eV 或約 4.7 eV 或約 4.8 eV 之功函數。功函數金屬可經沉積於 FET 之閘極氧化物上。功函數金屬控制電流流動之臨界值。低臨界值要求更少的能量使用，因此更導電之金屬更好。藉由熟知製程沉積之鎢薄膜導致薄膜通常具有約 4.45 eV 之功函數。

【0094】 本發明之一些實施例係針對積體電路電晶體裝置，該等積體電路電晶體裝置包含安置在通道上之介電層。功函數金屬係安置在介電層上且基本上由鎢組成之充填層係沉積在功函數層上。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，在此方面使用之術語「基本上由鎢組成」意指充填層係

大於約 95%、98%或 99%的鎢。一些實施例之功函數層包含 Ti 及 TiAl 中之一或更多者。在一或更多個實施例中，功函數金屬實質上不含氟。在一些實施例中，充填層實質上不含氟。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，術語「實質上無氟」意指在薄膜中存在小於約 5%、4%、3%、2%、1%、0.5% 或 0.1%的氟原子。在一些實施例中，在功函數金屬與基本上由鎢組成之薄膜之間不存在介入層。

【0095】 在一或更多個實施例中，在功函數金屬與基本上由鎢組成之薄膜之間存在介入層。介入層可取決於積體電路電晶體之預期用途具有任何合適的厚度。在一些實施例中，介入層具有小於約 7 Å、6 Å、5 Å、4 Å 或 3 Å 之厚度。

【0096】 在一些實施例中，含鎢薄膜係用作低電阻率充填材料。為達到完全無縫充填，應用週期處理（例如，在每隔 10 Å 至 30 Å 的薄膜之後）。處理之方法包括(a)交替暴露至 TiCl_4 及氨；(b)執行 TiCl_4 浸漬或(c)氨直接或遠端電漿暴露達 10 秒至 30 秒。處理可在與沉積製程相同的溫度下執行。所描述之製程將沉積約 0.7 Å TiN（小於 1 Å TiN）以再生表面且移除在沉積期間的額外氯化物。在該等實施例中沉積之 TiN 的量小於約 $\frac{1}{2}$ 的 TiN 單層或在約 $\frac{1}{3}$ 至約 $\frac{1}{5}$ 之 TiN 單層的範圍內。

【0097】 已發現，所描述之各種鎢薄膜可用於：例如，(1)使用矽烷浸漬之成核及薄膜生長重複性；(2)藉由生長初始的一或兩層矽化鎢而於氧化物上之黏附；(3)藉由以氨浸漬接著以矽烷浸漬減少粗糙度（以增加成核密度）；(4)藉由 $\text{TiCl}_4/\text{NH}_3$ 循環（在氧化物或氧化表面上）在界面處沉積小於約 1 Å 的

TiN；及(5)整合薄 TiN，以提供良好的成核、黏附及保形性（藉由任何合適的方法及試劑沉積）。

【0098】 第 2 圖圖示可用來執行本發明之時域 ALD 實施例的設備之實施例之示意橫截面圖。設備可為用於處理基板之任何合適設備，例如，GEMINI ALD 腔室或 Centura ALD 腔室，兩者皆可購自加利福尼亞州聖克拉拉之應用材料公司。

【0099】 第 2 圖之設備大體為製程腔室 200，該製程腔室 200 具有界定內部容積 234 之腔室主體 206 及安置於腔室主體 206 之上表面 210 上的腔室蓋 270。安置在內部容積 234 內之基板支撐件 212 在基板接收表面 214 上支撐基板 220。基板支撐件 212（或底座）經裝設至舉升電動機 228 以升高或降低基板支撐件 212 及安置於基板支撐件 212 上之基板 220。耦接至舉升電動機 218 之舉升板 216 係裝設在製程腔室 200 內且升高或降低穿過基板支撐件 212 可移動安置之銷 222。銷 222 升高或降低在基板支撐件 212 之表面上的基板 220。在一些實施例中，基板支撐件 212 包括真空夾盤、靜電夾盤或夾緊環用於將基板 220 固定至基板支撐件 212。形成於腔室主體 206 之壁 204 內的開口 208 促進基板進出製程腔室 200。

【0100】 基板支撐件 212 經加熱以增加安置於基板支撐件 212 上之基板 220 之溫度。舉例而言，基板支撐件 212 可使用諸如電阻加熱器之嵌入式加熱元件加熱，或可使用諸如安置在基板支撐件 212 上方之加熱燈的輻射熱加熱。淨化環 224 係安置於基板支撐件 212 上以界定淨化通道 226，該淨化通道 226 提供淨化氣體至基板 220 之周圍部分，以防止在該周圍部

分上的沉積。

【0101】 排氣系統 231 係與泵通道 232 連通以自製程腔室 200 排空任何不當氣體。排氣系統 231 亦幫助維持製程腔室 200 內部之期望壓力或期望壓力範圍。

【0102】 氣體輸送系統 250 經耦接至腔室主體 206 以提供前驅物、製程氣體、載體氣體及/或淨化氣體至製程腔室 200。氣體輸送系統 250 可大體包含氣體面板 251，該氣體面板 251 具有複數個氣源（圖示六個）252、253、255、265、267、269 及複數個閥門（圖示兩個）257、259，該等複數個閥門 257、259 經耦接至一或更多個導管（例如，導管 256、258）以控制自氣體面板 251 至製程腔室 200 之氣體流動。在一些實施例中，複數個氣源 252、253、255、265、267、269 可經設置以使得該等複數個氣源 252、253、255、265、267、269 中之每一者可提供單獨氣體（例如，前驅物、製程氣體、載體氣體、淨化氣體等），例如上文相對於第 1 圖描述之氣體。

【0103】 在一些實施例中，例如第 2 圖中所描繪，氣體面板 251 可經設置以在藉由複數個氣源 252、253、255、265、267、269 提供之氣體到達製程腔室 200 之前組合該等氣體中的一些氣體。在一些實施例中，一或更多個閥門 257、259 可沿導管 256、261 安置以控制藉由複數個氣源 252、253、255、265、267、269 提供之氣體流動。閥門 257、259 可為任何類型之閥門，例如，開關閥門、高速閥門、截止閥等，以促進脈衝輸送藉由氣體面板 251 提供之氣體。在一些實施例中，例如，如第 2 圖中所描繪，閥門 257、259 可為雙向閥，例如經設置

以經由耦接至排氣系統 230、271 之導管 261、273 轉移氣體流動離開製程腔室 200 之分流器閥門。排氣系統 230、231 及 271 每一者可為相同的排氣系統或可為部分或完全不同的系統以防止排氣系統內之材料之反應及/或沉積，該反應及/或沉積可縮短排氣系統壽命或要求維護及/或清洗排氣系統之部件（例如，泵、導管、閥門等）。在此等實施例中，閥門 257、259 可位於沿各個導管 256、258 適於同時選擇性控制一或更多種氣體的任何位置。舉例而言，閥門 257（第一閥門）可安置在耦接第一氣源 252 及第二氣源 255 之接合點 263 之下游以選擇性地經由導管 256 提供氣體至製程腔室 200 或經由導管 261 使氣體轉移至排氣系統 230，如第 2 圖中所描繪。另外，在一些實施例中，閥門 259（第二閥門）可安置在第五氣源 253 之下游以選擇性地經由導管 258 提供氣體至製程腔室 200 或經由導管 273 使氣體轉移至排氣系統 271。在一些實施例中，第六氣源 269 可在閥門 259 之上游（如圖所示）或閥門 259 之下游耦接至第五氣源 253 以允許一起提供藉由第六氣源 269 提供之氣體與來自第五氣源 253 之氣體。

【0104】 在一些實施例中，一或更多個流量限制器（未圖示）可沿導管 256 安置在閥門 257、259 之前及/或在閥門 257、259 之後。包括一或更多個流量限制器可減少在將氣體流動轉移至製程腔室或自製程腔室轉移時在導管 256 內之壓力的變化，從而輸送藉由氣源 252、253、255 提供之一致量的氣體。

【0105】 在例如其中利用固態或液態前驅物的一些實施例中，氣體輸送系統 250 亦可包含一或更多個安瓿。在此等實

施例中，一或更多個安甌可經設置以允許含有固態或液態前驅物且使固態或液態前驅物昇華成爲氣態形式用於輸送至製程腔室 200 內。

【0106】 返回第 2 圖，腔室蓋 270 之底部表面 272 之至少一部分可自擴展通道 274 至腔室蓋 270 之周圍部分爲楔形。擴展通道 274 改進自擴展通道 274 之氣體流動跨過基板 220 之表面（亦即，自基板之中心至基板之邊緣）的速度輪廓。在一些實施例中，底部表面 272 包含一或更多個楔形表面，諸如直面、凹面、凸面或前述各者之組合。在一些實施例中，底部表面 272 係以漏斗之形狀爲楔形。擴展通道 274 爲氣體入口之一個示例性實施例，該氣體入口用於自導管 256 至基板 220 輸送昇華之前驅物及載體氣體。其他氣體入口係可能的，例如，漏斗、非楔形通道、噴嘴、噴淋頭等。

【0107】 諸如程式化個人電腦、工作站電腦等控制器 240 經耦接至製程腔室 200。控制器 240 說明性地包含中央處理單元 (CPU) 242、支援電路系統 244 及含有關聯控制軟體 248 之記憶體 246。控制器 240 控制在製程腔室中執行之製程的操作條件，諸如如上相對於第 1 圖所述之 ALD 製程。舉例而言，控制器 240 可經設置以在沉積循環之不同階段期間控制各種前驅物氣體及淨化氣體自氣體輸送系統 250 至製程腔室 200 的流動。

【0108】 第 3 圖爲根據本發明之一或更多個實施例的空間原子層沉積系統 300 或反應器之示意橫截面圖。系統 300 包括負載鎖定腔室 301 及處理腔室 302。處理腔室 302 爲大體可密

封外殼，該可密封外殼係在真空或至少低壓下操作。處理腔室 302 藉由隔離閥 303 與負載鎖定腔室 301 隔離。隔離閥 303 在閉合位置密封負載鎖定腔室 301 與處理腔室 302 且允許基板 360 經由閥門自負載鎖定腔室 301 轉移至處理腔室 302，且在打開位置反之亦然。

【0109】 系統 300 包括能夠在整個基板 360 上分佈一或更多種氣體的氣體分佈組件 310。氣體分佈組件 310 可為熟習此項技術者熟知的任何合適的分佈板，且所描述之特定氣體分佈組件將不會視為限制本發明之範疇。氣體分佈組件 310 之輸出面面向基板 360 之第一表面 361。

【0110】 氣體分佈組件 310 包含複數個氣體埠及複數個真空埠，該等複數個氣體埠經設置以傳輸一或更多個氣體流至基板 360，該等複數個真空埠經安置在每一氣體埠之間且經設置以傳輸氣體流離開處理腔室 302。在第 3 圖之詳細實施例中，氣體分佈組件 310 包含第一前驅物注射器 320、第二前驅物注射器 330 及淨化氣體注射器 340。

【0111】 注射器 320、330、340 可藉由諸如主機之系統電腦（未圖示）控制或藉由諸如可程式化邏輯控制器之腔室特定控制器控制。前驅物注射器 320 經設置以經由複數個氣體埠 325 注射化合物 A 之反應前驅物之連續（或脈衝）流至處理腔室 302 內。前驅物注射器 330 經設置以經由複數個氣體埠 335 注射化合物 B 之反應前驅物之連續（或脈衝）流至處理腔室 302 內。淨化氣體注射器 340 經設置以經由複數個氣體埠 345 注射非反應或淨化氣體之連續（或脈衝）流至處理腔

室 302 內。淨化氣體幫助自處理腔室 302 移除反應材料及反應副產物。淨化氣體通常為惰性氣體，諸如氮氣、氬氣及氦氣。氣體埠 345 經安置在氣體埠 325 與氣體埠 335 之間以便分離化合物 A 之前驅物與化合物 B 之前驅物，從而避免在該等前驅物之間的交叉污染。一些實施例之氣體埠 325、335、345 及真空埠 355 係狹長氣體埠，該等狹長氣體埠形成朝向（或遠離）基板表面導向之氣體的通道，以便通道延伸跨過基板之部分。

【0112】 在另一態樣中，遠端電漿源（未圖示）可在將前驅物注射至腔室 302 內之前連接至前驅物注射器 320 及前驅物注射器 330。反應物種之電漿可藉由對遠端電漿源內之化合物施加電場來產生。可使用能夠活化所想要化合物之任何電源。舉例而言，可使用以下的電源：該等使用基於 DC、射頻 (RF) 及微波 (MW) 之放電技術的電源。若使用 RF 電源，則該 RF 電源可經電容式或電感式耦接。活化亦可藉由基於熱的技術、氣體擊穿技術、高強度光源（例如，UV 能量）或至 X 射線源之暴露而產生。示例性遠端電漿源可購自供應商，諸如 MKS Instruments 公司及 Advanced Energy Industries, Inc. 公司。

【0113】 系統 300 進一步包括連接至處理腔室 302 之泵浦系統 350。泵浦系統 350 大體經設置以經由一或更多個真空埠 355 將氣體流排出處理腔室 302 外。術語「真空埠」與「泵埠」可交換使用。真空埠 355 安置在每一氣體埠之間，以便在氣體流與基板表面反應之後將氣體流排出處理腔室 302 外且進一步限制在前驅物之間的交叉污染。

【0114】 系統 300 包括複數個隔板 363，該等複數個隔板 363 係安置在處理腔室 302 內之每一埠之間。每一隔板 363 之下部分延伸接近於基板 360 之第一表面 361。舉例而言，離第一表面 361 約 0.5 mm 或更大。以此方式，隔板 363 之下部分與基板表面 361 分離一距離，該距離足以允許氣體流在氣體流與基板表面 361 反應之後在下部分周圍朝向真空埠 355 流動。箭頭 398 指明氣體流之方向。因為隔板 363 操作作為氣體流之實體阻障，故該等隔板 363 亦限制在前驅物之間的交叉污染。圖示之配置僅為說明性的且將不應視為限制本發明之範疇。熟習此項技術者將理解，圖示之氣體分佈系統僅為一個可能的分佈系統且可使用其他類型之噴淋頭。

【0115】 在操作中，基板 360 經輸送（例如，藉由機器人），至負載鎖定腔室 301 且置放於梭 365 上。在打開隔離閥 303 之後，梭 365 係沿軌道 370 移動。一旦梭 365 進入處理腔室 302，則隔離閥 303 關閉，以密封處理腔室 302。梭 365 隨後移動通過處理腔室 302 用於處理。在一個實施例中，梭 365 係沿直線路徑移動通過腔室。

【0116】 當基板 360 移動通過處理腔室 302 時，基板 360 之第一表面 361 係重複地暴露至來自氣體埠 325 之化合物 A 之前驅物及來自氣體埠 335 之化合物 B 之前驅物以及化合物 A 之前驅物與化合物 B 之前驅物之間的淨化氣體。淨化氣體之注射經設計以在將基板表面 361 暴露至下一個前驅物之前自先前前驅物移除未反應的材料。在至各種氣體流（例如，前驅物或淨化氣體）之每一暴露之後，氣體流係藉由泵浦系統

350 經由真空埠 355 排空。因為真空埠可安置於每一氣體埠之兩側上，故氣體流係經由兩側上之真空埠 355 排空。因此，氣體流自各個氣體埠垂直向下朝向基板 360 之第一表面 361、跨過基板表面 361 及在隔板 363 之下部分周圍及最終向上朝向真空埠 355 流動。以此方式，每一氣體可在整個基板表面 361 上均勻地分佈。箭頭 398 指明氣體流動之方向。基板 360 亦可旋轉的同時暴露至各種氣體流。基板之旋轉可用於防止在所形成層中形成條帶。基板之旋轉可為連續或離散的步驟。

【0117】 在處理腔室 302 之端部大體提供足夠的空間以便確保在處理腔室 302 內最後氣體埠之完全暴露。一旦基板 360 到達處理腔室 302 之端部（亦即，第一表面 361 已經完全暴露至腔室 302 內之每一氣體埠），則基板 360 沿朝向負載鎖定腔室 301 之方向返回。當基板 360 朝向負載鎖定腔室 301 向後移動時，基板表面可以與第一次暴露相反的次序再次暴露至化合物 A 之前驅物、淨化氣體及化合物 B 之前驅物。

【0118】 將基板表面 361 暴露至每一氣體的程度可藉由例如出自氣體埠之每一氣體之流量及基板 360 之移動速率決定。在一個實施例中，每一氣體之流量經設置以免自基板表面 361 移除吸附的前驅物。在每一隔板之間的寬度、安置於處理腔室 302 上之氣體埠的數量及基板經來回傳遞之次數亦可決定基板表面 361 暴露至各種氣體的程度。因此，沉積薄膜之量及品質可藉由改變上述因數而最佳化。

【0119】 在另一實施例中，系統 300 可包括前驅物注射器 320

及前驅物注射器 330 且無淨化氣體注射器 340。因此，當基板 360 移動通過處理腔室 302 時，基板表面 361 將交替地暴露至化合物 A 之前驅物及化合物 B 之前驅物，而不在化合物 A 之前驅物與化合物 B 之前驅物之間暴露至淨化氣體。

【0120】 第 3 圖圖示之實施例在基板上方具有氣體分佈組件 310。儘管已經描述實施例且相對於此垂直方向圖示實施例，但將理解，相反方向亦為可能的。在彼情況中，基板 360 之第一表面 361 將面向下，而朝向基板之氣體流動將向上導向。

【0121】 在又一實施例中，系統 300 可經設置以處理複數個基板。在此實施例中，系統 300 可包括第二負載鎖定腔室（安置在負載鎖定腔室 301 之相反端）及複數個基板 360 或具有一或更多個氣體分佈組件之旋轉料架處理腔室。基板 360 可經輸送至負載鎖定腔室 301 且自第二負載鎖定腔室擷取基板 360。在一或更多個實施例中，至少一個輻射熱燈 390 經定位以加熱基板 360 之第二側。

【0122】 在一些實施例中，梭 365 為用於攜帶基板 360 之基座 366。大體上，基座 366 為載體，該載體幫助在整個基板上形成均勻溫度。基座 366 可在負載鎖定腔室 301 與處理腔室 302 之間雙向移動（相對於第 3 圖之配置左至右及右至左）。基座 366 具有用於攜帶基板 360 之頂部表面 367。基座 366 可為加熱之基座，以便基板 360 可經加熱用於處理。作為實例，基座 366 可藉由安置在基座 366 下面的輻射熱燈 390、加熱板、電阻式線圈或其他加熱裝置加熱。

【0123】 在另一實施例中，基座 366 之頂部表面 367 包括凹

槽 368，該凹槽 368 經設置以接受基板 360，如第 4 圖所示。基座 366 係大體比基板之厚度更厚，以便有基座材料位於基板下方。在詳細實施例中，凹槽 368 經設置以使得當將基板 360 安置在凹槽 368 內部時，基板 360 之第一表面 361 與基座 366 之頂部表面 367 處於同一水平。換言之，一些實施例之凹槽 368 經設置以使得當將基板 360 安置在凹槽 368 內時，基板 360 之第一表面 361 不突出在基座 366 之頂部表面 367 上方。

【0124】 第 5 圖至第 14 圖圖示根據本發明之各種實施例之氣體分佈組件 310。氣體分佈組件 310 包含輸入面 301 及輸出面 303。輸入面 301 (第 5 圖中圖示) 具有第一反應氣體輸入 305 用於接收第一反應氣體 A 之流動及第二反應氣體輸入 307 用於接收第二反應氣體 B 之流動。輸入面 301 亦具有用於一或更多種淨化氣體之輸入 309 及用於連接至一或更多個真空埠之埠 311。

【0125】 各種實施例之輸出面 303 具有複數個狹長氣體埠 313。氣體埠 313 經設置以將氣體流動導向基板，該等氣體埠 313 可經定位鄰近輸出面 303。狹長氣體埠 313 包括至少一個第一反應氣體埠及至少一個第二反應氣體埠。每一第一反應氣體埠係與第一反應氣體輸入 305 流動連通以允許第一前驅物流經氣體分佈組件 310。每一第二反應氣體埠係與第二反應氣體輸入 307 流動連通以允許第二前驅物流經氣體分佈組件 310。

【0126】 如第 6 圖所示，氣體埠在通道 317 內可包括複數個

開口 315。通道 317 為氣體分佈組件之輸出面內的凹陷式狹槽。氣體流動離開開口 315 且藉由通道 317 壁導向基板表面。開口 315 經圖示為圓形的，但應理解開口 315 可為任何合適的形狀，包括但不限於正方形、矩形及三角形。開口 315 之數量及大小亦可經改變以適配每一通道 317 內更多或更少的開口。在第 6 圖圖示之詳細實施例中，淨化氣體(P)、第一反應氣體埠(A)及第二反應氣體埠(B)包含定位在通道內之複數個開口。與真空埠相關聯之開口 318 位於氣體分佈組件 310 之輸出面 303 上，而不是在通道 317 內，但亦可定位在通道內。

【0127】 第 6 圖圖示之特定實施例具有狹長氣體埠之組合，該組合在將基板沿箭頭 350 垂直移動至狹長氣體埠時將提供特定順序之氣體流至基板表面。儘管將基板描述為正移動，但熟習此項技術者將理解，基板可保持固定不動且氣體分佈組件 310 可移動。是在基板與氣體分佈組件 310 之間的相對移動才稱為基板移動。垂直移動至狹長氣體埠之基板將經受按順序為淨化氣體流、第一反應氣體 A 流、淨化氣體流、第二反應氣體 B 流、淨化氣體流、第一反應氣體 A'流及淨化氣體流之氣體流動。真空埠係在每一氣體流之間，該等真空埠將氣體流導引離開處理腔室。此產生根據第 3 圖圖示之箭頭 398 之流動圖案。

【0128】 在特定實施例中，氣體分佈組件基本上由按順序為前導第一反應氣體埠 A、第二反應氣體埠 B 及收尾第一反應氣體埠 A'組成。如在此上下文及隨附申請專利範圍中所使

用，術語「基本上由...組成」意指氣體分佈組件不包括用於反應氣體之任何額外氣體埠。用於非反應氣體（例如，淨化氣體）及真空之埠可穿插在各處，同時仍處於基本上由條款組成的範圍內。舉例而言，氣體分佈組件 310 可具有八個真空埠 V 及四個淨化埠 P，但仍基本上由前導第一反應氣體埠 A、第二反應氣體埠 B 及收尾反應氣體埠 A' 組成。此多樣性之實施例可稱為 ABA 設置。

【0129】 使用 ABA 設置確保自任一方向移動之基板將在遭遇第二反應氣體 B 埠之前遭遇第一反應氣體 A 埠。跨氣體分佈組件 310 之每一通過將產生組合物 B 之單薄膜。在此，兩個第一反應氣體 A 埠圍繞第二反應氣體 B 埠以便自圖式之頂部至底部移動（相對於氣體分佈組件）的基板將按順序遇見前導第一反應氣體 A、第二反應氣體 B 及收尾第一反應氣體 A'，導致在基板上形成完整層。沿相同路徑返回之基板將遇見相反次序的反應氣體，導致每一全循環產生兩個層。跨此氣體分佈組件來回移動之基板將暴露至 AB AAB AAB (AAB) n ... AABA 的脈衝順序以形成均勻薄膜組合物 B。在順序結束時暴露至第一反應氣體 A 是不重要的，因為不存在後續的第二反應氣體 B。熟習此項技術者將理解，儘管將薄膜組合物稱為 B，但 B 確實為反應氣體 A 及反應氣體 B 之表面反應產物中之一種產物，且僅使用 B 係為了便於描述薄膜。

【0130】 如第 7 圖所示，氣體分佈組件 310 包括加熱元件 501 以激勵氣體物種，該加熱元件 501 亦可稱為「線」或「熱線」。加熱元件 501 係定位在第一反應氣體埠及第二反應氣體埠之

任一者或兩者中。加熱元件 501 經連接至電源線 323（第 5 圖中圖示），該電源線 323 經設置以使得電流流經加熱元件 501 而加熱加熱元件 501。加熱元件 501 經加熱至高溫以激勵鄰近加熱元件 501 通過之氣體中的物種。線的目的是在氣體中產生自由基物種，而非造成基板中之溫度升高。加熱元件 501 可經置放於其中不存在至基板表面之直接暴露的位置中，同時仍能夠在氣體中導致自由基物種形成。舉例而言，若將加熱元件 501 置放在第二反應氣體埠中，則元件將導致第二反應氣體中之一部分分子變為經激勵的。在激勵態中，分子具有較高能量且更可能在給定處理溫度下與基板表面反應。

【0131】 加熱元件之置放可對接觸基板之自由基物種的量有影響。置放加熱元件離基板太遠可相對於更近置放允許更大數量之自由基物種在接觸基板表面之前變得去活化。自由基物種可藉由與其他自由基、氣體流中之分子及氣體分佈組件接觸而變得去活化。然而，置放加熱元件遠離基板可幫助防止加熱元件加熱基板表面同時仍在氣體中產生自由基物種。加熱元件 501 可經置放足夠接近基板之表面以確保所激勵物種存在足夠久以在不造成基板之局部溫度的顯著變化的情況下接觸表面。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，術語「局部溫度之顯著變化」意指基板鄰近線的部分不具有大於約 10°C 的溫度增加。加熱元件 501 可類似第 7 圖所圖示般定位在敞開通道 317 內或在氣體擴散部件之後。氣體擴散部件之實施例亦圖示在第 7 圖中，該氣體擴散部件具有複數

個小間隔孔徑，該等小間隔孔徑經置放在氣體埠之出口區。加熱元件 501 可經定位在氣體擴散部件之後，此能夠在不顯著改變基板之局部溫度的情況下激勵氣體物種。在詳細實施例中，線經加熱以激勵氣體物種，同時產生小於約 10°C 之表面溫度改變。在各種實施例中，在基板表面之溫度中的局部改變係小於約 7°C、5°C 或 3°C。在特定實施例中，局部溫度改變係小於約 2°C、1°C 或 0.5°C。

【0132】 加熱元件可由能夠在相對短時間週期內升高至高溫的任何合適材料製得。合適材料係與反應氣體相容的一種材料。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，在此方面使用之術語「相容」意指加熱元件在標準溫度及壓力下與反應氣體不自發地反應。加熱元件之溫度可對氣體物種之自由基化的程度有影響。舉例而言，氧氣可要求溫度高達約 2000°C，同時聚合物種可僅需要在約 300°C 至約 500°C 之範圍內的溫度。在一些實施例中，加熱元件係能夠經加熱至至少以下溫度：約 1000°C、1100°C、1200°C、1300°C、1400°C、1500°C、1600°C、1700°C、1800°C、1900°C 或 2000°C。在各種實施例中，加熱元件係能夠經加熱至以下溫度：在約 300°C 至約 2000°C 之範圍內，或在約 700°C 與約 1400°C 之範圍內，或在約 800°C 至約 1300°C 之範圍內。供應至加熱元件之功率可在整個處理之任何點處經調節或開啓及關閉。此允許對於僅部分的處理加熱加熱元件以產生激勵氣體物種。

【0133】 加熱元件之厚度及長度亦可取決於所使用之材料而改變。用於加熱元件之合適材料的實例包括但不限於鎢、鉬、

鈹、鈳、鎳、鉻、石墨及前述各者之合金。舉例而言，在氧氣為正自由基化之物種的情況中，鈹或鎳之使用可能不當，因為該等材料對氧氣敏感且可導致線之破壞。在詳細實施例中，加熱元件包含鎳。

【0134】 返回參考第 5 圖，電源可為能夠控制經由加熱元件之電流流動的任何合適電源。第 5 圖圖示之電源饋通 321 具有電源線 323 且為加熱元件提供機械支撐及電氣支援兩者且允許將加熱元件置放在氣體流動之路徑中。電源饋通 321 經由安裝區塊 327 連接至氣體分佈組件 310，該安裝區塊 327 可包括絕緣體來以電氣方式將電源線 323 及加熱元件與氣體分佈組件隔離。第 5 圖之實施例中的加熱元件延伸通過第一反應氣體通道且可為環繞第二反應氣體通道之個別加熱元件或單個加熱元件。

【0135】 第 7 圖圖示之加熱元件 501 延伸通過通道 317 且加熱元件 501 之端部與電源線 323、324 接觸。然而，在本發明之一或更多個實施例中，加熱元件為可插入通道 317 內或附接至氣體分佈組件 310 之輸出面 303 的單獨組件之部分。因此，參閱第 8 圖，本發明之一或更多個實施例係針對此組件 600。圖示之組件 600 包含沿縱軸 630 延伸之狹長外殼 605。狹長外殼具有敞開內部區域 606，該敞開內部區域 606 可允許氣體流動通過外殼 605。如箭頭 630 圖示之氣體流動可沿實質上垂直於縱軸之方向通過外殼。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，術語「實質上垂直」意指氣體流動通過外殼且以鈍角在加熱元件 601 周圍。熟習此項技術者將理解，

氣體流動可與外殼處於非 90° 的角度且仍屬於「實質上垂直」的含義內。在一些實施例中，氣體流動實質上垂直於外殼，形成以下角度：大於約 25° 、 30° 、 35° 、 40° 、 45° 、 50° 、 55° 、 60° 、 65° 、 70° 、 75° 、 80° 或 85° 。在一些實施例中，氣體流動相對於外殼形成以下角度：在約 25° 至約 90° 之範圍內，或在約 45° 至約 90° 之範圍內，或在約 60° 至約 90° 之範圍內，或在約 75° 至約 90° 之範圍內，或在約 80° 至約 90° 之範圍內。

【0136】 圖示之外殼 605 在兩側上具有平面 611，且側 613 自外殼 605 之一端至另一端具有實質上均勻厚度。然而，熟習此項技術者將理解，圖示之形狀及近似尺寸僅為示例性的且將不會視為限制本發明之範疇。

【0137】 外殼 605 係由在處理腔室內所經受的溫度下實質上耐熱膨脹的材料製得。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，術語「實質上耐熱膨脹」意指外殼 605 之總長度在自由基化期望氣體物種所要求之溫度下改變不超過約 5%。在各種實施例中，外殼之總長度相對於外殼 605 在室溫下之長度改變不超過約 4%、3%、2%、1% 或 0.5%。在詳細實施例中，外殼係由基於石英或陶瓷的材料製得，包括石英及陶瓷。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，術語「陶瓷」係指無機非金屬材料。陶瓷之合適實例包括但不限於氧化鋁、氧化鈹、二氧化鈾、氧化鋯、碳化物、硼化物、氮化物、矽化物、複合材料、該等材料之氧化物及非氧化物。加熱元件之厚度可為均勻的或為變化厚度。在一些實施例中，加熱元件係具有在約 0.01 mm 至約 5 mm 之範圍內的橫截面直徑的

線。一些實施例之加熱元件具有變化的密度/單位長度。

【0138】 加熱元件 601 自狹長外殼 605 之第一端 620 延伸至第二端 622。如已經描述，加熱元件 601 包含適合於藉由電流加熱的材料。第 8 圖圖示之實施例包括至少一個電導線 610，圖示為兩個導線，與加熱元件 601 電氣連通或電氣接觸以允許電流流經加熱元件 601。電導線 610 可與定位在氣體分佈組件上之電氣接觸相互作用。舉例而言，氣體分佈組件之通道內或氣體分佈組件之表面上可包括電氣接觸對（正觸點及負觸點）。該等電氣觸點對中每一者可經單獨供電或作為一或更多個單元供電。在詳細實施例中，至少一個電導線 610 施加電流至加熱元件時實質上不增加溫度。在特定實施例中，至少一個電導線 610 實質上不導致外殼 605 之膨脹。

【0139】 儘管第 8 圖圖示兩個單獨電導線 610，但將理解，在外殼之任一端上僅可定位一根電導線 610。在此類別之實施例中，加熱元件 601 可延伸通過外殼 605 且存在延伸超出外殼之端部的部分。舉例而言，第 9 圖圖示組件 700 之實施例，其中加熱元件 701 包含延伸超出狹長外殼 705 之第一端 720 及第二端 722 的部分 730。延伸的部分 730 可充當電導線。

【0140】 當被加熱時，加熱元件可膨脹，導致加熱元件之下垂。此降低自由基化之效率且允許加熱元件變得更接近於基板，此舉加熱基板。此下垂可能不當。為最小化加熱元件之下垂，加熱元件之一或更多個端可經固持在張力器內（未圖示）。張力器拉起加熱元件之端部以最小化下垂。施加於加熱元件之張力的量可為恆定或動態的。在動態張力環境中，

當加熱元件變熱且變長時，增加加熱元件上之張力的量以防止下垂。

【0141】 加熱元件可具有任何合適的形狀且不局限於圖式所具體化之形狀。合適的形狀包括但不限於直線形、正弦形、螺旋形、曲線形、手風琴形及方波形。在詳細實施例中，如第 9 圖所示，加熱元件 701 以實質上直線路徑自外殼 705 之第一端 720 延伸至第二端 722。第 10 圖圖示組件 800 之另一實施例，其中加熱元件 801 以螺旋形路徑延伸。螺旋之圈數及緊度可以變化且不應視為局限於圖式所圖示之形狀。第 11 圖圖示另一組件 900，其中有兩個加熱元件 901 延伸在外殼 905 之第一端 920 與第二端 922 之間。第 11 圖圖示對於與加熱元件電氣連接之加熱元件 901 之每一端的單個延伸 930，但將理解，對於每一加熱元件 901 可存在延伸。另外，可存在任何數量的個別加熱元件且將理解，每一元件之形狀可能不同且形狀之混合是可能的。

【0142】 第 12 圖圖示組件 1000 之另一實施例，其中加熱元件 1001 經密封在外罩 1002 內。在施加電流後，加熱元件 1001 增加溫度且加熱外罩 1002。外罩 1002 經暴露至流經外殼之內部區域 1006 的氣體。此類別之實施例可具有特定用途，其中加熱元件 1001 係與流經內部區域 1006 之氣體不相容。在詳細實施例中，外罩 1002 為能夠藉由加熱元件 1001 加熱而不變形的材料。在特定實施例中，外罩 1002 包含石英。

【0143】 各種實施例之組件可經大小調整以適配在氣體分佈組件之通道內，以便加熱元件可容易添加至自氣體分佈組件

或自氣體分佈組件移除。第 13 圖圖示其中狹長外殼 1105 經大小調整以適配在氣體分佈組件 310 之氣體埠內的實施例。將加熱元件 501 併入外殼 1105 內允許加熱元件 501 容易自處理腔室移除以進行替換或清洗。儘管圖示之實施例具有敞開通道 317，但將理解，在加熱元件與基板之間可存在漫射器。

【0144】 參考第 13 圖之底部部分，圖示有另一實施例，其中狹長外殼 1155 經設置以附接至氣體分佈組件 310 之正面 303。外殼 1155 可經定位以使得來自氣體埠之氣體通過外殼 1155 之敞開內部區域 1156 且組件實質上不干擾來自鄰近氣體埠之氣體流動。外殼 1155 係藉由連接 1123、1124 供電，如上所述。

【0145】 第 14 圖圖示之加熱元件係圖示為直線組件。然而，組件之形狀可取決於期望用途而改變。第 14 圖圖示本發明之另一實施例，其中組件 1200 覆蓋具有單個加熱元件 1201 之兩個通道 317。組件 1200 包含具有兩個敞開內部區域 1206 之狹長外殼 1205，該等兩個敞開內部區域 1206 定位在通道 317 上。加熱元件 1201 經連接至電源線 1223、1224。此實施例之加熱元件 1201 可在其中加熱元件 1201 不暴露至氣體流動的絕緣部分 1208 內轉向通過外殼 1205。在一些實施例中，加熱元件 1201 經暴露在整個路徑上。換言之，敞開內部區域可使外殼之形狀與未定位在氣體埠前面之加熱元件 1201 之部分匹配。

【0146】 在第 14 圖圖示之實施例類別中，電源線 1223、1224 具有相反極性以允許電流流動。因此，一電源線將為正且另

一電源線將為負。此設置可相對易於設置，且單個電源經連接至電源線 1223、1224 兩者。單個電源（未圖示）可包括控制流經線之電流的機構，諸如電位計。

【0147】 氣體分佈組件之一些實施例包含基本上由以下各者組成之複數個狹長氣體埠：按順序為交替的第一反應氣體 A 埠及第二反應氣體 B 埠的至少兩個重複單元，接著是收尾第一反應氣體 A'埠。換言之，第一反應氣體 A 埠及第二反應氣體 B 埠之組合（該組合可稱為 AB 單元）與收尾第一反應氣體 A'埠經重複至少兩次。熟習此項技術者將理解，氣體分佈組件中可存在淨化、真空及複數個開口。

【0148】 在一些實施例中，一或更多個層可在電漿增強原子層沉積(PEALD)製程期間形成。在一些製程中，使用電漿提供足夠能量以促進物種進入表面反應變得良好且可能的激勵態。將電漿引入製程內可為連續或脈衝輸送式。在一些實施例中，前驅物（或反應氣體）及電漿之順序脈衝係用來處理層。在一些實施例中，試劑可經本地（亦即，在處理區內）或遠端（亦即，在處理區外部）離子化。在一些實施例中，遠端離子化可出現在沉積腔室之上游，以使得離子或其他高能或發光物種不與沉積薄膜直接接觸。在一些 PEALD 製程中，電漿係諸如藉由遠端電漿產生器系統產生自處理腔室外部。電漿可經由熟習此項技術者熟知的任何合適電漿產生製程或技術而產生。舉例而言，電漿可藉由微波(MW)頻率產生器或射頻(RF)產生器中之一或更多者而產生。電漿之頻率可取決於正使用之特定反應物種而調整。合適的頻率包括但不

限於 2 MHz、13.56 MHz、40 MHz、60 MHz 及 100 MHz。儘管可在本文揭示之沉積製程期間使用電漿，但應注意可能不需要電漿。實際上，其他實施例係關於在無電漿之情況下在極溫和條件下的沉積製程。

【0149】 如上所述之鎢成核層已圖示在與傳統整體充填技術整合以形成具有極佳薄膜性質之特徵結構時的特定效用。整合方案可包括 ALD 製程或脈衝式 CVD 製程以沉積成核層，同時整體層可藉由 CVD 製程或 PVD 製程沉積。能夠執行此整合方案之整合處理系統包括 Endura™處理系統、Endura SL™處理系統、Centura™處理系統及 Producer™處理系統，以上每一者可購自位於加利福尼亞州聖克拉拉之應用材料公司。該等系統任一者可經設置以包括用於沉積成核層之至少一個 ALD 或脈衝式 CVD 腔室及包括用來整體充填之至少一個 CVD 腔室或 PVD 腔室。

【0150】 第 15A 圖為示例性多腔室處理系統 1500 之示意頂視圖。類似的多腔室處理系統係揭示在共同讓渡之美國專利第 5,186,718 號中，該美國專利以引用之方式併入本文。系統 1500 大體包括負載鎖定腔室 1502、1504，用來將基板轉移至系統 1500 內及將基板轉移離開系統 1500。通常，因為系統 1500 處於真空下，故負載鎖定腔室 1502、1504 可「向下泵送」經引入系統 1500 內的基板。第一機器人 1510 可在負載鎖定腔室 1502、1504 與一或更多個基板處理腔室 1512、1514、1516、1518（圖示有四個）之第一集合之間轉移基板。每一處理腔室 1512、1514、1516、1518 可經裝備以執行一定數量

個基板處理操作，諸如循環層沉積、CVD、PVD、蝕刻、預清洗、脫氣、定向及其他基板製程。第一機器人 1510 亦轉移基板至一或更多個轉移腔室 1522、1524/自一或更多個轉移腔室 1522、1524 轉移基板。

【0151】 轉移腔室 1522、1524 係用來維持超高真空條件同時允許將基板在系統 1500 內轉移。第二機器人 1530 可在轉移腔室 1522、1524 與一或更多個處理腔室 1532、1534、1536、1538 之第二集合之間轉移基板。類似於處理腔室 1512、1514、1516、1518，處理腔室 1532、1534、1536、1538 可經裝備以執行各種基板處理操作，諸如循環沉積、CVD、PVD、蝕刻、預清洗、脫氣及定向。基板處理腔室 1512、1514、1516、1518、1532、1534、1536、1538 中之任何者若對於待藉由系統 1500 執行之特定製程為不必要，則可自系統 1500 移除。

【0152】 在一個配置中，每一處理腔室 1532 及 1538 可為適應於沉積成核層之循環沉積腔室；每一處理腔室 1534 與 1536 可為適應於形成整體層之循環沉積腔室、化學氣相沉積腔室或物理氣相沉積腔室；每一處理腔室 1512 及 1514 可為適應於沉積介電層之物理氣相沉積腔室、化學氣相沉積腔室或循環沉積腔室；及每一處理腔室 1516 及 1518 可為經裝備以蝕刻互連特徵結構之孔徑或開口的蝕刻腔室。系統 1500 之此一特定配置經提供以說明本發明且將不應用來限制本發明之範疇。

【0153】 另一整合系統可包括在單個腔室內之成核沉積以及整體充填沉積。可使用經設置以在循環沉積模式以及習知

CVD 模式兩者中操作的腔室。此腔室之一個實例係描述在 2001 年 12 月 12 日提出申請之共同讓渡之美國專利申請案第 10/016,300 號中，該美國專利申請案係以引用之方式併入本文。

【0154】 在另一整合方案中，一或更多個循環沉積成核腔室經整合至第一處理系統上，同時一或更多個整體層沉積腔室經整合至第二處理系統上。在此設置中，基板在將成核層沉積於基板上之第一系統中經第一次處理。此後，基板經移動至發生整體沉積之第二處理系統。

【0155】 第 15B 圖為示例性多腔室處理系統 1550 之示意頂視圖。系統 1550 大體包括負載鎖定腔室 1552、1554 用於轉移基板至系統 1550 內及轉移基板離開系統 1550。通常，因為系統 1550 處於真空下，故負載鎖定腔室 1552、1554 可「向下泵送」經引入系統 1550 內之基板。機器人 1560 可在負載鎖定腔室 1552、1554 與基板處理腔室 1562、1564、1566、1568、1570 及 1572 之間轉移基板。每一處理腔室 1562、1564、1566、1568、1570 及 1572 可經裝備以執行一定數量個基板處理操作，諸如循環層沉積、CVD、PVD、蝕刻、預清洗、脫氣、加熱、定向及其他基板製程。機器人 1560 亦轉移基板至轉移腔室 1556/自轉移腔室 1556 轉移基板。基板處理腔室 1562、1564、1566、1568、1570 及 1572 中之任何者若對於待藉由系統 1550 執行之特定製程為不必要，則可自系統 1550 移除。

【0156】 在一個配置中，每一處理腔室 1564 及 1570 可為適應於沉積成核層之循環沉積腔室；每一處理腔室 1566 及 1568

可為適應於形成整體充填沉積層之循環沉積腔室、化學氣相沉積腔室或物理氣相沉積腔室。系統 1550 之此一特定配置經提供以說明本發明且不應用來限制本發明之範疇。

【0157】 或者，在單個腔室內具有複數個站之旋轉料架類型批處理系統可適應於將成核及整體層沉積併入單個處理系統內。在此處理系統中，可在每一站之間建立諸如氫氣幕之淨化氣體幕以在每一站處創造微型或小型環境。基板經順序裝載至系統內且隨後轉動通過每一站且在每一站處至少部分地經處理。舉例而言，基板可在第一站處經暴露至循環沉積成核步驟且隨後在每一後續站處經暴露至局部的整體充填 CVD 步驟。或者，成核可在超過一站處發生且整體充填可在一或更多個站處發生。更進一步，成核層及整體層可在單獨旋轉料架類型系統中沉積。在另一態樣中，浸漬及成核步驟係在一個旋轉料架內完成，同時整體步驟係在另一旋轉料架上進行，其中兩個旋轉料架為相同製程系統之部分。每一台板可經溫度控制以在每一站處提供至少一些製程控制。然而，製程壓力在站之間通常保持相同，因為該等站係容納在單個腔室內。一些壓力控制可由於惰性氣體幕而可用於在每一站處存在之微型或小型環境。

【0158】 無論整合方案如何，成核層通常經沉積至在自約 10 Å 至約 200 Å 之範圍內的厚度，且整體層具有以下的厚度：在自約 100 Å 至約 10000 Å 之範圍內，較佳地在自約 1000 Å 至約 5000 Å 之範圍內。然而，該等薄膜之厚度可取決於給定應用之特徵結構大小及長寬比而變化。因此，薄膜經適當地

大小調整以適應給定應用之幾何形狀。以下為可得益於根據本文描述之實施例沉積之成核層的一些示例性幾何形狀及應用。以下描述僅意欲為說明性目的且不意欲限制本發明之使用。

【0159】 第 16 圖圖示處理腔室 1600 之橫截面，該處理腔室 1600 包括亦稱為注射器或注射器組件之氣體分佈組件 1620 及基座組件 1640。氣體分佈組件 1620 為用於處理腔室之任何類型的氣體輸送裝置。氣體分佈組件 1620 包括前表面 1621，該前表面 1621 面向基座組件 1640。前表面 1621 可具有任何數量或種類之開口以朝向基座組件 1640 輸送氣體流動。氣體分佈組件 1620 亦包括外邊緣 1624，該外邊緣 1624 在實施例中圖示為實質上圓形的。

【0160】 所使用之氣體分佈組件 1620 之特定類型可取決於正使用之特定製程而變化。本發明之實施例可與其中基座與氣體分佈組件之間的間隙受控的任何類型之處理系統一起使用。儘管可使用各種類型之氣體分佈組件（例如，噴淋頭），但本發明之實施例可尤其有用於空間 ALD 氣體分佈組件，該等空間 ALD 氣體分佈組件具有複數個實質上平行的氣體通道。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，術語「實質上平行」意指氣體通道之狹長軸沿相同的大體方向延伸。在氣體通道之平行中可存在微小缺陷。複數個實質上平行的氣體通道可包括至少一個第一反應氣體 A 通道、至少一個第二反應氣體 B 通道、至少一個淨化氣體 P 通道及/或至少一個真空 V 通道。流自一或更多個第一反應氣體 A 通道、一或更

多個第二反應氣體 B 通道及一或更多個淨化氣體 P 通道之氣體係經導向晶圓之頂部表面。一些氣體流動水平移動跨過晶圓之表面且經由一或更多個淨化氣體 P 通道離開處理區域。自氣體分佈組件之一端移動至另一端的基板將依次暴露至每一製程氣體，從而於基板表面上形成層。

【0161】 在一些實施例中，氣體分佈組件 1620 為由單個注射器單元構成之剛性固定主體。在一或更多個實施例中，氣體分佈組件 1620 係由複數個個別扇區 1622 組成(見第 17 圖)。具有單塊主體或多扇區主體之氣體分佈組件可與所描述之本發明各種實施例一起使用。

【0162】 基座組件 1640 係定位在氣體分佈組件 1620 下方。基座組件 1640 包括邊緣 1644、頂部表面 1641 及底部表面 1643 以界定厚度。頂部表面 1641 可包括至少一個凹槽 1642，該至少一個凹槽 1642 經大小調整以支撐基板用於處理。凹槽 1642 可取決於正處理之晶圓 1660 之形狀及大小為任何合適的形狀及大小。在第 16 圖圖示之實施例中，凹槽 1642 具有平底以支撐晶圓之底部，但應理解，凹槽之底部可變化。在一些實施例中，凹槽在凹槽之外周邊邊緣周圍具有臺階區域，該等臺階區域經大小調整以支撐晶圓之外周邊邊緣。藉由臺階支撐之晶圓之外周邊邊緣的量可取決於例如晶圓之厚度及已經存在於晶圓之背側上的特徵結構之存在而變化。

【0163】 在一些實施例中，如第 16 圖所示，在基座組件 1640 之頂部表面 1641 中的凹槽 1642 經大小調整以便支撐在凹槽 1642 內之晶圓 1660 具有與基座 1640 之頂部表面 1641 實質上

共平面的頂部表面 1661。如在本說明書及隨附申請專利範圍中所使用，術語「實質上共平面」意指晶圓之頂部表面與基座組件之頂部表面在 ± 0.2 mm 內共平面。在一些實施例中，頂部表面係在 ± 0.15 mm、 ± 0.10 mm 或 ± 0.05 mm 內共平面。

【0164】 第 16 圖之基座組件 1640 包括支柱 1690，該支柱 1690 能夠舉升、降低及轉動基座組件 1640。基座組件在支柱 1690 之中心內可包括加熱器或氣體管線或電氣部件。支柱 1690 可為增加或減少在基座組件 1640 與氣體分佈組件 1620 之間間隙的主要手段。基座組件 1640 亦可包括細調致動器 1662，該等細調致動器 1662 可對基座組件 1640 進行微調整以在基座組件 1640 與氣體注射器組件 1620 之間產生期望間隙 1670。

【0165】 在一些實施例中，在處理期間的間隙 1670 距離為：在約 0.1 mm 至約 5.0 mm 之範圍內，或在約 0.1 mm 至約 3.0 mm 之範圍內，或在約 0.1 mm 至約 2.0 mm 之範圍內，或在約 0.2 mm 至約 1.8 mm 之範圍內，或在約 0.3 mm 至約 1.7 mm 之範圍內，或在約 0.4 mm 至約 1.6 mm 之範圍內，或在約 0.5 mm 至約 1.5 mm 之範圍內，或在約 0.6 mm 至約 1.4 mm 之範圍內，或在約 0.7 mm 至約 1.3 mm 之範圍內，或在約 0.8 mm 至約 1.2 mm 之範圍內，或在約 0.9 mm 至約 1.1 mm 之範圍內，或約 1 mm。

【0166】 第 16 圖及第 17 圖中圖示之處理腔室 1600 為其中基座組件 1640 可固持複數個晶圓 1660 之旋轉料架類型腔室。如第 17 圖所示，氣體分佈組件 1620 可包括複數個單獨注射

器單元 1622，每一注射器單元 1622 能夠在晶圓在注射器單元下方移動時在晶圓上沉積薄膜。四個大體餅狀的注射器單元 1622 經圖示定位在基座組件 1640 之近似相對側上且在基座組件 1640 上方。展示此注射器單元 1622 之數量僅用於說明性目的。應理解，可包括更多或更少的注射器單元 1622。在一些實施例中，存在足夠數量的餅狀注射器單元 1622 以形成符合基座組件 1640 之形狀的形狀。在一些實施例中，個別餅狀注射器單元 1622 中之每一者可經獨立移動、移除及/或更換而不影響任何的其他注射器單元 1622。舉例而言，一個區段可經升高以允許機器人接入在基座組件 1640 與氣體分佈組件 1620 之間的區域來裝載/卸載晶圓 1660。

【0167】 類似地，儘管未圖示，但基座組件 1640 可由複數個單獨的塊或單元組成。複數個單元可大體為餅狀且可組裝在一起以形成具有頂部表面及底部表面之基座組件。

【0168】 基座組件 1640 之大小可取決於特定處理腔室及待處理之晶圓之大小而變化。在一些實施例中，基座組件經大小調整以支撐至少三個晶圓。在一或更多個實施例中，基座組件經大小調整以支撐至少 3 個、4 個、5 個、6 個、7 個、8 個、9 個、10 個、11 個、12 個、13 個、14 個、15 個、16 個或更多個晶圓。晶圓可為任何大小晶圓，包括但不限於 150 mm 晶圓、200 mm 晶圓、300 mm 晶圓及 450 mm 晶圓。基座組件之直徑亦可變化。在一些實施例中，基座組件具有以下的直徑：在約 0.75 公尺至約 2 公尺之範圍內，或在約 1 公尺至約 1.75 公尺之範圍內，或在約 1.25 公尺至約 1.75 公尺之範圍內

或約 1.5 公尺。

【0169】 具有多個氣體注射器之處理腔室可用來同時處理多個晶圓以便晶圓經受相同的製程流程。舉例而言，如第 17 圖所示，處理腔室 1600 具有四個氣體注射器單元 1622 及四個晶圓 1660。四個注射器單元 1622 之圖式僅為代表性的且經選取以允許製程之更簡易視圖及描述。熟習此項技術者將理解，氣體分佈組件可為單個部件且可具有與基座組件近似相同的大小及/或形狀。在處理開始時，晶圓 1660 可經定位在注射器單元 1622 之間。將基座組件 1640 轉動 1617 45°將導致在注射器單元 1622 之間的每一晶圓 1660 經移動至注射器單元 1622 用於薄膜沉積，如藉由在注射器組件 1622 下的點線圓所圖示。額外的 45°轉動將移動晶圓 1660 離開注射器組件 1622。對於空間 ALD 注射器，薄膜係在晶圓相對於注射器組件之移動期間沉積於晶圓上。在一些實施例中，基座組件 1640 以增量方式轉動，此防止晶圓 1660 停止在注射器單元 1622 下方。晶圓 1660 及注射器單元 1622 之數量可相同或不同。在一些實施例中，當存在氣體分佈組件時，存在相同數量的正處理之晶圓。在一或更多個實施例中，正處理之晶圓的數量為氣體分佈組件之數量的分數或整數倍數。舉例而言，若存在四個氣體分佈組件，則存在 $4x$ 個正處理之晶圓，其中 x 為大於或等於一的整數值。

【0170】 第 17 圖圖示之處理腔室 1600 僅代表一種可能設置且將不應視為限制本發明之範疇。在此，處理腔室 1600 包括複數個氣體分佈組件 1620。在所圖示之實施例中，存在四個

氣體分佈組件 1622 均勻間隔在處理腔室 1600 周圍。所圖示之處理腔室 1600 為八邊形，然而，熟習此項技術者將理解，此為一種可能形狀且將不應視為限制本發明之範疇。所圖示之氣體分佈組件 1620 為梯形，但熟習此項技術者將理解，氣體分佈組件可為單個圓形部件或由具有輻射式內周邊邊緣及/或外周邊邊緣之複數個餅狀區段組成。

【0171】 第 17 圖圖示之實施例包括負載鎖定腔室 1680 或如緩衝站之輔助腔室。此腔室 1680 經連接至處理腔室 1600 之一側以允許例如將基板 1660 自腔室 1600 裝載/卸載。晶圓機器人可定位在腔室 1680 內以移動基板。

【0172】 旋轉料架（例如，基座組件 1640）之轉動可為連續或非連續的。在連續處理中，晶圓係不斷地轉動，以便將晶圓依次暴露至每一注射器。在非連續處理中，晶圓可經移動至注射器區域且停止，且隨後移動至在注射器之間的區域 1684 且停止。舉例而言，旋轉料架可轉動以便晶圓自注射器之間區域移動跨過注射器（或鄰近注射器停止）且繼續至其中晶圓可再次暫停之下一個注射器之間區域。在注射器之間的暫停可提供時間用於在每一層沉積之間的額外處理步驟（例如，暴露至電漿）。

【0173】 根據一或更多個實施例，基板係連續不斷地處於真空或「負載鎖定」條件下，且在自一腔室移動至下一個腔室時不暴露至環境空氣。因此，轉移腔室係處於真空且在真空壓力下「向下泵送」。惰性氣體可存在於處理腔室或轉移腔室內。在一些實施例中，惰性氣體係用作淨化氣體以在於基

板之表面上形成矽層之後移除一些或全部的反應物。根據一或更多個實施例，在沉積腔室之出口處注射淨化氣體以防止反應物自沉積腔室移動至轉移腔室及/或額外的處理腔室。因此，惰性氣體之流動在腔室之出口處形成幕。

【0174】 可在單個基板沉積腔室內處理基板，其中在處理另一基板之前裝載、處理及卸載單個基板。亦可以連續方式處理基板，如傳送帶系統，其中多個基板經單獨裝載至腔室之第一部分內、移動通過腔室且自腔室之第二部分卸載。腔室之形狀及關聯之傳送帶系統可形成直線路徑或曲線路徑。另外，處理腔室可為旋轉料架，其中多個基板繞中心軸移動且在整個旋轉料架路徑上經暴露至沉積、蝕刻、退火、清洗等製程。

【0175】 在處理期間，基板可經加熱或冷卻。此加熱或冷卻可藉由任何合適的手段實現，包括但不限於改變基板支撐件之溫度及使經加熱或冷卻之氣體流動至基板表面。在一些實施例中，基板支撐件包括加熱器/冷卻器，該加熱器/冷卻器可經控制以熱傳導式改變基板溫度。在一或更多個實施例中，正使用之氣體（或反應氣體或惰性氣體）經加熱或冷卻以局部改變基板溫度。在一些實施例中，加熱器/冷卻器係定位在腔室內鄰近基板表面以對流方式改變基板溫度。

【0176】 基板在處理期間亦可為固定或轉動的。轉動基板可連續不斷地轉動或以離散步驟轉動。舉例而言，基板可在整個整個製程中轉動，或基板可在暴露至不同反應氣體或淨化氣體之間少量轉動。在處理期間轉動基板（連續不斷地或按

步驟地)可藉由最小化例如氣體流動幾何形狀中之局部可變性的影響而幫助產生更均勻沉積或蝕刻。

【0177】 第一實施例係針對一種處理方法，該處理方法包含將基板順序地暴露至包含含鎢化合物之第一反應氣體及第二反應氣體以形成含鎢薄膜，該含鎢化合物包含具有經驗式 W_xCl_{5x} 之化合物。

【0178】 在第二實施例中，修改第一實施例，其中第二反應氣體包含含氫化合物且含鎢薄膜為鎢薄膜。

【0179】 在第三實施例中，修改第一實施例或第二實施例，其中第二反應氣體包含含氮化合物且含鎢薄膜包含氮化鎢。

【0180】 在第四實施例中，修改第一實施例至第三實施例中之任何實施例，其中第二反應氣體包含含矽化合物且含鎢薄膜包含矽化鎢(WSi_x)。

【0181】 在第五實施例中，修改第一實施例或第四實施例，其中第二反應氣體進一步包含氫。

【0182】 在第六實施例中，修改第一實施例至第五實施例中之任何實施例，其中第二反應氣體包含含矽化合物及含氮化合物之混合物，且含鎢薄膜包含鎢矽氮化物(WSi_xN_y)。

【0183】 在第七實施例中，修改第一實施例至第六實施例中之任何實施例，其中基板係維持在小於約 475°C 之溫度下。

【0184】 在第八實施例中，修改第一實施例、第二實施例或第七實施例中之任何實施例，其中含鎢薄膜基本上由鎢組成。

【0185】 在第九實施例中，修改第八實施例，其中基板包含功函數金屬。

【0186】 在第十實施例中，修改第九實施例，其中功函數金屬包含 Ti。

【0187】 在第十一實施例中，修改第九實施例或第十實施例中之任何實施例，其中功函數金屬包含 TiAl。

【0188】 在第十二實施例中，修改第八實施例至第十一實施例中之任何實施例，其中在功函數金屬與基本上由鎢組成之薄膜之間不存在介入層。

【0189】 在第十三實施例中，修改第八實施例至第十一實施例中之任何實施例，其中在功函數金屬與基本上由鎢組成之薄膜之間存在介入層，該介入層具有小於約 5 埃之厚度。

【0190】 本發明之第十四實施例係針對一種處理方法，該處理方法包含：將基板定位在處理腔室內；及在小於或等於約 475°C 之溫度下將基板之至少一部分順序地暴露至第一反應氣體及第二反應氣體以形成含鎢薄膜，第一反應氣體包含五氯化鎢、具有經驗式 W_xCl_{5x} 之化合物或六氯化鎢中之一或更多者。

【0191】 在第十五實施例中，修改第十四實施例，其中第二反應氣體包含含氮化合物且含鎢薄膜為鎢薄膜。

【0192】 在第十六實施例中，修改第十四實施例或第十五實施例中之任何實施例，其中第二反應氣體包含含氮化合物且含鎢薄膜包含氮化鎢。

【0193】 在第十七實施例中，修改第十四實施例至第十六實施例中之任何實施例，其中第二反應氣體包含含矽化合物且含鎢薄膜包含矽化鎢 (WSi_x)。

【0194】 在第十八實施例中，修改第十七實施例，其中第二反應氣體進一步包含氫。

【0195】 在第十九實施例中，修改第十四實施例至第十八實施例中之任何實施例，其中第二反應氣體包含含矽化合物及含氮化合物之混合物，且含鎢薄膜包含鎢矽氮化物(WSi_xN_y)。

【0196】 在第二十實施例中，修改第十四實施例至第十九實施例中之任何實施例，其中在沉積含鎢薄膜之前，基板包含金屬層。

【0197】 在第二十一實施例中，修改第十四實施例至第二十實施例中之任何實施例，其中在沉積含鎢薄膜之前，基板包含氧化層且方法進一步包含在約 5 托至約 20 托之範圍內的分壓下以二矽烷或氫與矽烷之混合物浸漬基板。

【0198】 在第二十二實施例中，修改第十四實施例至第二十一實施例中之任何實施例，其中含鎢薄膜以在約 0.2 Å/循環及約 3 Å/循環之範圍內的速率下生長。

【0199】 本發明之第二十三實施例係針對一種沉積 WSi_x 薄膜之方法。方法包含：將基板定位在處理腔室內；及在小於或等於約 475°C 之溫度下將基板之至少一部分順序地暴露至第一反應氣體及第二反應氣體以形成 WSi_x 薄膜，其中第一反應氣體包含五氯化鎢、具有經驗式 W_xCl_{5x} 之化合物或六氯化鎢中之一或更多者，且第二反應氣體包含含矽氣體，含矽氣體與含鎢氣體之比在約 100:2 及約 100:0.2 之範圍內。

【0200】 在第二十四實施例中，修改第二十三實施例，其中含矽氣體包含矽烷及二矽烷中之一或更多者且第二反應氣體

進一步包含氫。

【0201】 在第二十五實施例中，修改第二十三實施例至第二十四實施例中之任何實施例，以進一步包含在交替循環上將基板之至少一部分暴露至含氫氣體而非含矽氣體。

【0202】 在第二十六實施例中，修改第二十五實施例，其中基板在經暴露至含矽氣體之前暴露至含氫氣體。

【0203】 本發明之第二十七實施例係針對一種積體電路電晶體裝置，該積體電路電晶體裝置包含：安置在通道上之介電層；安置在介電層上之功函數金屬；及安置在功函數層上之充填層，該充填層基本上由 W 組成。

【0204】 在第二十八實施例中，修改第二十七實施例，其中功函數層包含 Ti。

【0205】 在第二十九實施例中，修改第二十七實施例至第二十八實施例中之任何實施例，其中功函數層包含 TiAl。

【0206】 在第三十實施例中，修改第二十八實施例或第二十九實施例中之任何實施例，其中功函數金屬實質上不含氟。

【0207】 在第三十一實施例中，修改第二十七實施例至第三十實施例中之任何實施例，其中充填層實質上不含氟。

【0208】 在第三十二實施例中，修改第二十七實施例至第三十一實施例中之任何實施例，其中基本上由 W 組成之充填層為 ALD W 層。

【0209】 在第三十三實施例中，修改第三十二實施例，其中 ALD W 層係藉由 W_xCl_{5x} 及包含含氫化合物之第二反應氣體之順序暴露而形成。

【0210】 在第三十四實施例中，修改第二十七實施例至第三十三實施例中之任何實施例，其中在功函數金屬與基本上由鎢組成之薄膜之間不存在介入層。

【0211】 在第三十五實施例中，修改第二十七實施例至第三十三實施例中之任何實施例，其中在功函數金屬與基本上由鎢組成之薄膜之間存在介入層，該介入層具有小於約 5 埃之厚度。

【0212】 在第三十六實施例中，修改第二十七實施例至第三十五實施例中之任何實施例，其中充填層為 CVD W，且 CVD W 係藉由 W_xCl_{5-x} 及包含含氫化合物之第二反應氣體之同時暴露而形成。

【0213】 本發明之第三十七實施例係針對一種處理方法，該處理方法包含將處理腔室中之基板之至少一部分順序地暴露至包含具有經驗式 WCl_5 或 WCl_6 之含鎢化合物的第一反應氣體及包含氫自由基之第二反應氣體以形成含鎢薄膜。

【0214】 在第三十八實施例中，第三十七實施例進一步包含自氫氣產生氫自由基。

【0215】 在第三十九實施例中，修改第三十八實施例，其中自氫氣產生氫自由基包含使氫氣通過加熱元件，該加熱元件具有足以產生氫自由基之溫度。

【0216】 在第四十實施例中，第三十九實施例進一步包含加熱加熱元件至足以產生氫自由基之溫度。

【0217】 在第四十一實施例中，修改第四十實施例，其中加熱加熱元件包含提供電流流經加熱元件。

【0218】 在第四十二實施例中，第四十實施例及第四十一實施例中之任何實施例進一步包含施加動態張力至加熱元件之端部以防止加熱元件在足以產生氫自由基之溫度下下垂。

【0219】 在第四十三實施例中，修改第四十實施例至第四十二實施例中之任何實施例，其中加熱元件係含在實質上耐熱膨脹的外殼內。

【0220】 在第四十四實施例中，修改第三十七實施例至第四十三實施例中之任何實施例，其中第一反應氣體及第二反應氣體係在相同時間流至處理腔室內。

【0221】 在第四十五實施例中，修改第三十七實施例至第四十四實施例中之任何實施例，其中第一反應氣體及第二反應氣體係經由包含鄰近狹長氣體埠之氣體分佈組件流至處理腔室內，流經不同狹長氣體埠之第一反應氣體及第二反應氣體係藉由淨化氣體埠及真空埠中之至少一者來分離。

【0222】 在第四十六實施例中，修改第三十九實施例至第四十五實施例中之任何實施例，其中加熱元件係定位在第二反應氣體埠內。

【0223】 在第四十七實施例中，修改第三十九實施例至第四十五實施例中之任何實施例，其中加熱元件係含在實質上耐熱膨脹的外殼內。

【0224】 在第四十八實施例中，修改第四十七實施例，其中外殼經附加至氣體分佈組件之前表面，以便流自第二反應氣體埠之第二反應氣體經由外殼且在加熱元件周圍流動。

【0225】 在第四十九實施例中，第四十五實施例至第四十八

實施例中之任何實施例進一步包含相對於氣體分佈組件移動基板以便將基板之每一部分暴露至氣體流動，該氣體流動基本上按順序由第一反應氣體及第二反應氣體組成。

【0226】 在第五十實施例中，修改第三十七實施例至第四十九實施例中之任何實施例，其中基板係維持在小於約 475°C 之溫度下。

【0227】 第五十一實施例係針對處理方法，該處理方法包含：將基板定位在包含氣體分佈組件之處理腔室內，該氣體分佈組件包括複數個狹長氣體埠，該等複數個狹長氣體埠包括第一反應氣體埠及第二反應氣體埠，第一反應氣體埠與包含具有經驗式 WCl_5 或 WCl_6 之含鎢化合物的第一反應氣體流體連通且第二反應氣體埠與包含氫之第二反應氣體流體連通，氣體分佈組件使第一反應氣體及第二反應氣體兩者同時流至處理腔室內；使第二反應氣體通過加熱元件以在第二反應氣體中產生氫自由基；及將基板之至少一部分順序地暴露至第一反應氣體及第二反應氣體中之氫自由基以於基板上形成鎢薄膜。

【0228】 在第五十二實施例中，修改第五十一實施例，其中加熱元件係含在實質上耐熱膨脹的外殼內，外殼經附加至氣體分佈組件之前面，以便第二反應氣體流經外殼。

【0229】 在第五十三實施例中，修改第五十一實施例至第五十二實施例中之任何實施例，其中在沉積鎢薄膜之前，基板包含金屬層。

【0230】 在第五十四實施例中，修改第五十一實施例至第五

十三實施例中之任何實施例，其中在沉積鎢薄膜之前，基板包含氧化層且方法進一步包含在約 5 托至約 20 托之範圍內的分壓下以二矽烷或氫與矽烷之混合物浸漬基板。

【0231】 在第五十五實施例中，修改第五十一實施例至第五十四實施例中之任何實施例，其中鎢薄膜以在約 0.2 Å/循環及約 3 Å/循環之範圍內的速率生長。

【0232】 在第五十六實施例中，修改第五十一實施例至第五十五實施例中之任何實施例，其中將基板之至少一部分順序地暴露至第一反應氣體及第二反應氣體中之氫自由基包含：相對於氣體分佈組件移動基板以便將基板之每一部分暴露至基本上按順序由第一反應氣體及氫自由基組成之氣體流動。

【0233】 本發明之第五十七實施例係針對一種處理方法，該處理方法包含：以矽烷浸漬基板；及將先前以矽烷浸漬之基板順序地暴露至第一反應氣體及第二反應氣體以形成鎢薄膜，第一反應氣體包含含鎢化合物及氫，該含鎢化合物包含具有經驗式 W_xCl_{5x} 之化合物，第二反應氣體包含還原劑。

【0234】 在第五十八實施例中，修改第五十七實施例，其中第二反應氣體包含含氫化合物。

【0235】 在第五十九實施例中，修改第五十七實施例至第五十八實施例中之任何實施例，其中基板係維持在大於約 350 °C 之溫度下。

【0236】 在第六十實施例中，修改第五十七實施例至第五十九實施例中之任何實施例，其中在鎢薄膜具有約 70 Å 之厚度時，該鎢薄膜具有大於約 60 Å 之晶粒大小。

【0237】 在第六十一實施例中，修改第五十七實施例至第六十實施例中之任何實施例，其中在鎢薄膜具有約 200 Å 之厚度時，該鎢薄膜具有小於約 30 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 之電阻率。

【0238】 在第六十二實施例中，修改第五十七實施例至第六十一實施例中之任何實施例，其中第一反應氣體包含氫原子多於鎢原子。

【0239】 在第六十三實施例中，修改第五十七實施例至第六十二實施例中之任何實施例，其中第一反應氣體包含以在約 1:2 至 1:20 之範圍內之比存在的含鎢化合物及氫。

【0240】 本發明之第六十四實施例係針對一種形成保形鎢薄膜之方法，包含：將表面順序地暴露至包含含鎢化合物之第一反應氣體達第一時間及包含氫之第二反應氣體達第二時間以沉積鎢薄膜，該第一時間及第二時間皆小於約 2 秒。

【0241】 在第六十五實施例中，修改第六十四實施例，其中鎢薄膜係以小於約 1 Å/循環之速率生長。

【0242】 在第六十六實施例中，修改第六十四實施例至第六十五實施例中之任何實施例，其中鎢薄膜係以小於約 0.8 Å/循環的速率生長。

【0243】 第六十八實施例係針對一種積體電路電晶體裝置，該積體電路電晶體裝置包含：安置在通道上之介電層；及介電層上基本上由鎢組成之功函數層。

【0244】 本發明之第六十九實施例係針對一種處理方法，該處理方法包含：(a)沉積鎢之厚度作為在電晶體中功函數材料上之充填材料；(b)處理沉積之鎢薄膜；及(c)重複(a)及(b)以形

成期望厚度之鎢充填，其中處理鎢薄膜包含以下之一或更多者：(1)將充填材料順序地暴露至四氯化鈦及氬；(2)將充填材料浸漬在四氯化鈦中；及(3)將充填材料暴露至氬電漿達在約 10 秒至約 30 秒之範圍內的時間。

【0245】 在第六十九實施例中，修改第六十八實施例，其中在(a)中經沉積為充填材料的鎢之厚度係在約 10 Å 至約 30 Å 之範圍內。

【0246】 在第七十實施例中，修改第六十八實施例至第六十九實施例中之任何實施例，其中 TiN 的量係小於約 ½ 單層厚度。

【0247】 儘管在本文已參考特定實施例描述本發明，但應理解，該等實施例僅說明本發明之原理及應用。對熟習此項技術者將顯而易見的是：可在不脫離本發明之精神及範疇的情況下對本發明之方法及設備進行各種修飾及變化。因此，本發明意欲包括在隨附申請專利範圍及申請專利範圍之等效物之範疇內的修改及變化。

【符號說明】

【0248】

100 方法

102 步驟

103 步驟

104 步驟

106 步驟

108 步驟

- 110 步驟
- 112 步驟
- 114 步驟
- 116 步驟
- 200 製程腔室
- 204 壁
- 206 腔室主體
- 208 開口
- 210 上表面
- 212 基板支撐件
- 214 基板接收表面
- 216 舉升板
- 218 舉升電動機
- 220 基板
- 222 銷
- 224 淨化環
- 226 淨化通道
- 228 舉升電動機
- 230 排氣系統
- 231 排氣系統
- 232 泵通道
- 234 內部容積
- 240 控制器
- 242 中央處理單元

- 244 支援電路系統
- 246 記憶體
- 248 關聯控制軟體
- 250 氣體輸送系統
- 251 氣體面板
- 252 氣源
- 253 氣源
- 255 氣源
- 256 導管
- 257 閥門
- 258 導管
- 259 閥門
- 261 導管
- 263 接合點
- 265 氣源
- 267 氣源
- 269 氣源
- 270 腔室蓋
- 271 排氣系統
- 272 底部表面
- 273 導管
- 274 擴展通道
- 300 系統
- 301 腔室/輸入面

- 302 腔室
- 303 隔離閥/輸出面
- 305 輸入
- 307 輸入
- 309 輸入
- 310 氣體分佈組件
- 311 埠
- 313 氣體埠
- 315 開口
- 317 通道
- 318 開口
- 320 注射器
- 321 電源饋通
- 323 電源線
- 324 電源線
- 325 氣體埠
- 327 安裝區塊
- 330 注射器
- 335 氣體埠
- 340 注射器
- 345 氣體埠
- 350 泵浦系統/箭頭
- 355 真空埠
- 360 基板

- 361 第一表面
- 363 隔板
- 365 梭
- 366 基座
- 367 頂部表面
- 368 凹槽
- 370 軌道
- 390 輻射熱燈
- 398 箭頭
- 501 加熱元件
- 600 組件
- 601 加熱元件
- 605 外殼
- 606 敞開內部區域
- 610 電導線
- 611 平面
- 613 側
- 620 端
- 622 端
- 630 縱軸
- 700 組件
- 701 加熱元件
- 705 外殼
- 720 端

- 722 端
- 730 部分
- 800 組件
- 801 加熱元件
- 900 組件
- 901 加熱元件
- 905 外殼
- 920 端
- 922 端
- 930 延伸
- 1000 組件
- 1001 加熱元件
- 1002 外罩
- 1006 內部區域
- 1105 外殼
- 1123 連接
- 1124 連接
- 1155 外殼
- 1156 敞開內部區域
- 1200 組件
- 1201 加熱元件
- 1205 外殼
- 1206 敞開內部區域
- 1208 絕緣部分

- 1223 電源線
- 1224 電源線
- 1500 系統
- 1502 腔室
- 1504 腔室
- 1510 機器人
- 1512 腔室
- 1514 腔室
- 1516 腔室
- 1518 腔室
- 1522 腔室
- 1524 腔室
- 1530 機器人
- 1532 腔室
- 1534 腔室
- 1536 腔室
- 1538 腔室
- 1550 系統
- 1552 腔室
- 1554 腔室
- 1556 腔室
- 1560 機器人
- 1562 腔室
- 1564 腔室

- 1566 腔室
- 1568 腔室
- 1570 腔室
- 1572 腔室
- 1600 腔室
- 1617 轉動
- 1620 氣體分佈組件/氣體注射器組件
- 1621 前表面
- 1622 扇區/注射器單元
- 1624 外邊緣
- 1640 基座組件
- 1641 頂部表面
- 1643 底部表面
- 1644 邊緣 1660 晶圓
- 1661 頂部表面
- 1662 致動器
- 1670 間隙
- 1680 腔室
- 1684 區域
- 1690 支柱
- A 化合物
- A' 反應氣體/反應氣體埠
- B 化合物

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

申請專利範圍

1. 一種處理方法，包含以下步驟：將一基板順序地暴露至包含一含鎢化合物之一第一反應氣體及一第二反應氣體以形成一含鎢薄膜，該含鎢化合物包含具有經驗式 W_xCl_{5x} 之一化合物。
2. 如請求項 1 所述之方法，其中該第二反應氣體包含一含氫化合物且該含鎢薄膜為一鎢薄膜。
3. 如請求項 1 所述之方法，其中該第二反應氣體包含一含氮化合物且該含鎢薄膜包含氮化鎢。
4. 如請求項 1 所述之方法，其中該第二反應氣體包含一含矽化合物且該含鎢薄膜包含矽化鎢(WSi_x)。
5. 如請求項 1 至 4 中任一項所述之方法，其中該第二反應氣體進一步包含氫。
6. 如請求項 1 至 4 中任一項所述之方法，其中該第二反應氣體包含一含矽化合物及一含氮化合物之一混合物且該含鎢薄膜包含鎢矽氮化物(WSi_xN_y)。
7. 如請求項 1 至 4 中任一項所述之方法，其中該基板係維持在小於約 475°C 之一溫度下。

8. 如請求項 1 或 2 所述之方法，其中該含鎢薄膜基本上由鎢組成。

9. 如請求項 8 所述之方法，其中該基板包含一功函數金屬。

10. 如請求項 9 所述之方法，其中在該功函數金屬與基本上由鎢組成之該薄膜之間不存在介入層。

11. 如請求項 9 所述之方法，其中在該功函數金屬與基本上由鎢組成之該薄膜之間存在一介入層，該介入層具有小於約 5 埃之一厚度。

12. 一種處理方法，包含以下步驟：

將一基板定位在一處理腔室內；及

在小於或等於約 475°C 之一溫度下將該基板之至少一部分順序地暴露至一第一反應氣體及一第二反應氣體以形成一含鎢薄膜，該第一反應氣體包含五氯化鎢、具有經驗式 W_xCl_{5x} 之一化合物或六氯化鎢中之一或更多者。

13. 如請求項 12 所述之方法，其中該第二反應氣體包含一含氫化合物且該含鎢薄膜為一鎢薄膜。

14. 如請求項 12 所述之方法，其中該第二反應氣體包含一含氮化合物且該含鎢薄膜包含氮化鎢。

15. 如請求項 12 所述之方法，其中該第二反應氣體包含一含矽化合物且該含鎢薄膜包含矽化鎢(WSi_x)。

16. 如請求項 15 所述之方法，其中該第二反應氣體進一步包含氫。

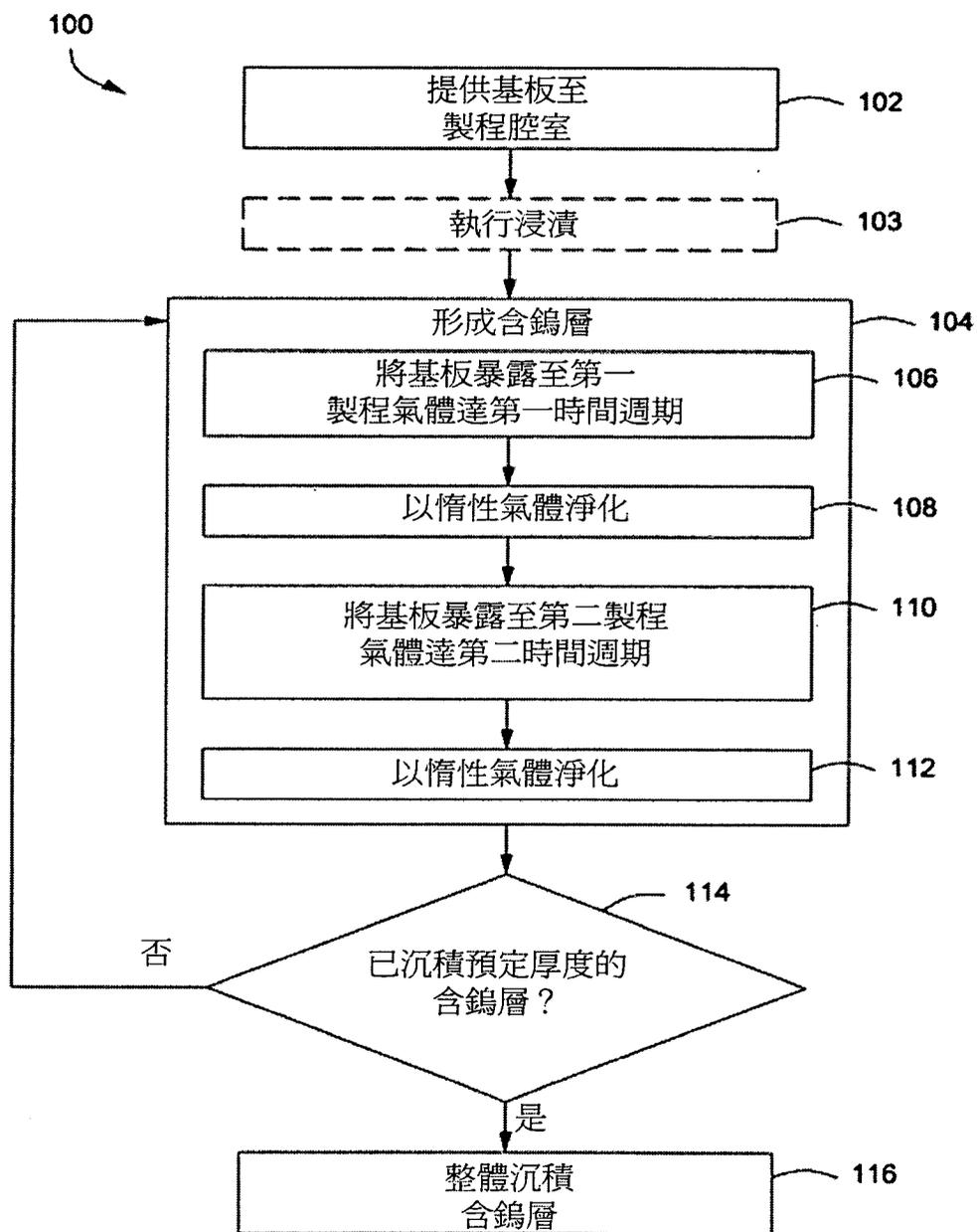
17. 如請求項 12 至 16 中任一項所述之方法，其中該第二反應氣體包含一含矽化合物及一含氮化合物之一混合物且該含鎢薄膜包含鎢矽氮化物(WSi_xN_y)。

18. 如請求項 12 至 16 中任一項所述之方法，其中在沉積該含鎢薄膜之前，該基板包含一金屬層。

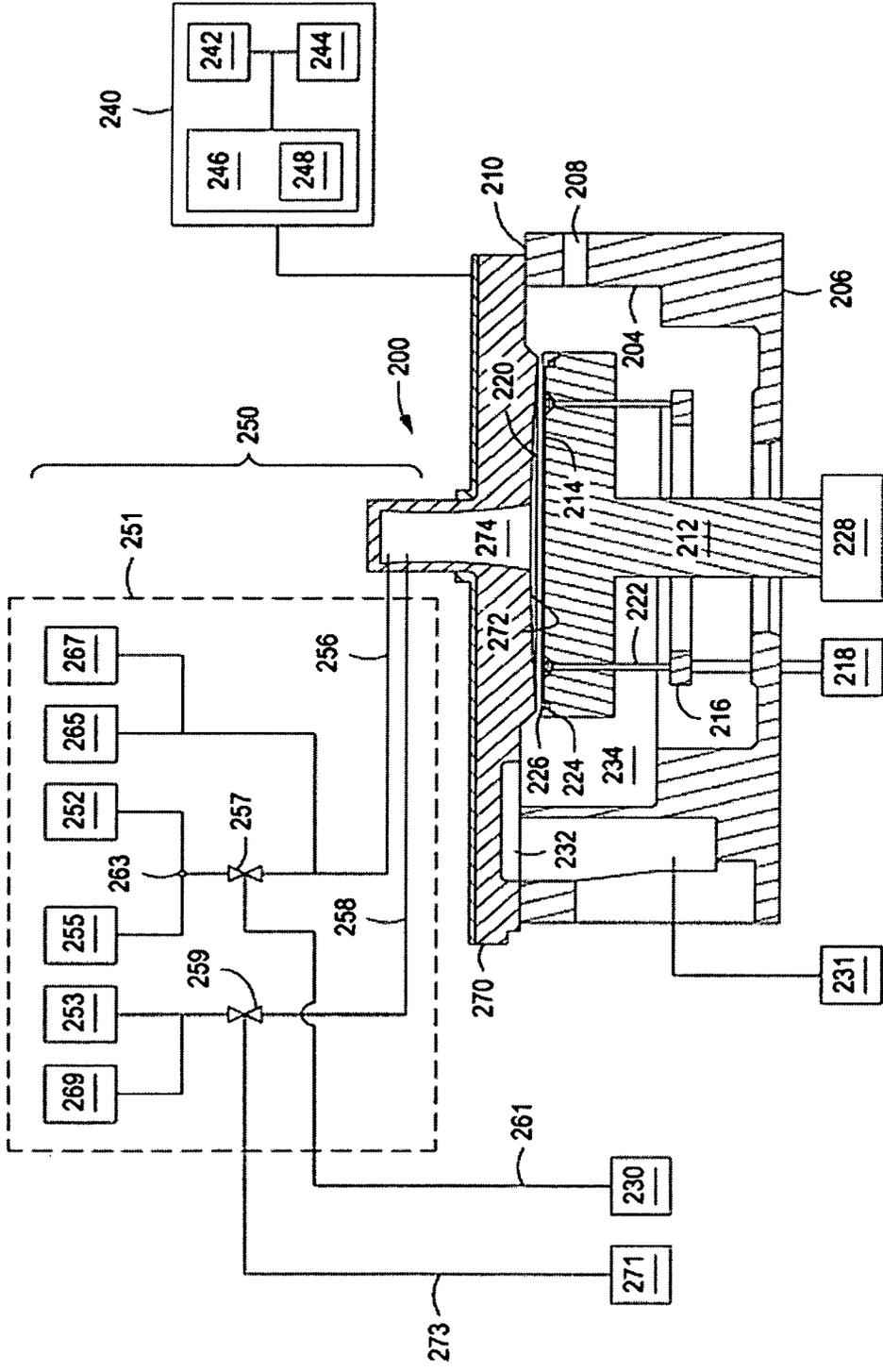
19. 如請求項 12 至 16 中任一項所述之方法，其中在沉積該含鎢薄膜之前，該基板包含一氧化層，且該方法進一步包含以下步驟：在約 5 托至約 20 托之範圍內的一分壓下以二矽烷或氫與矽烷之一混合物浸漬該基板。

20. 如請求項 12 至 16 中任一項所述之方法，其中該含鎢薄膜以在約 0.2 Å/循環及約 3 Å/循環之範圍內的一速率生長。

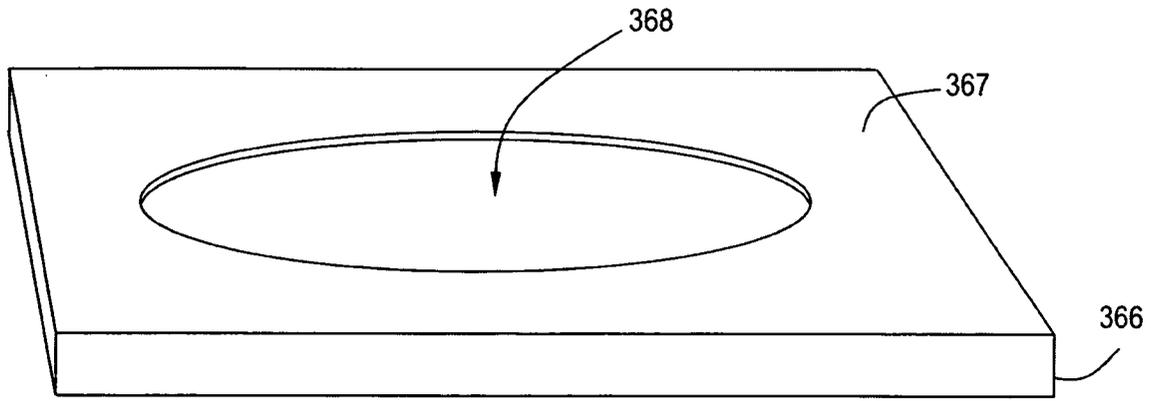
圖式



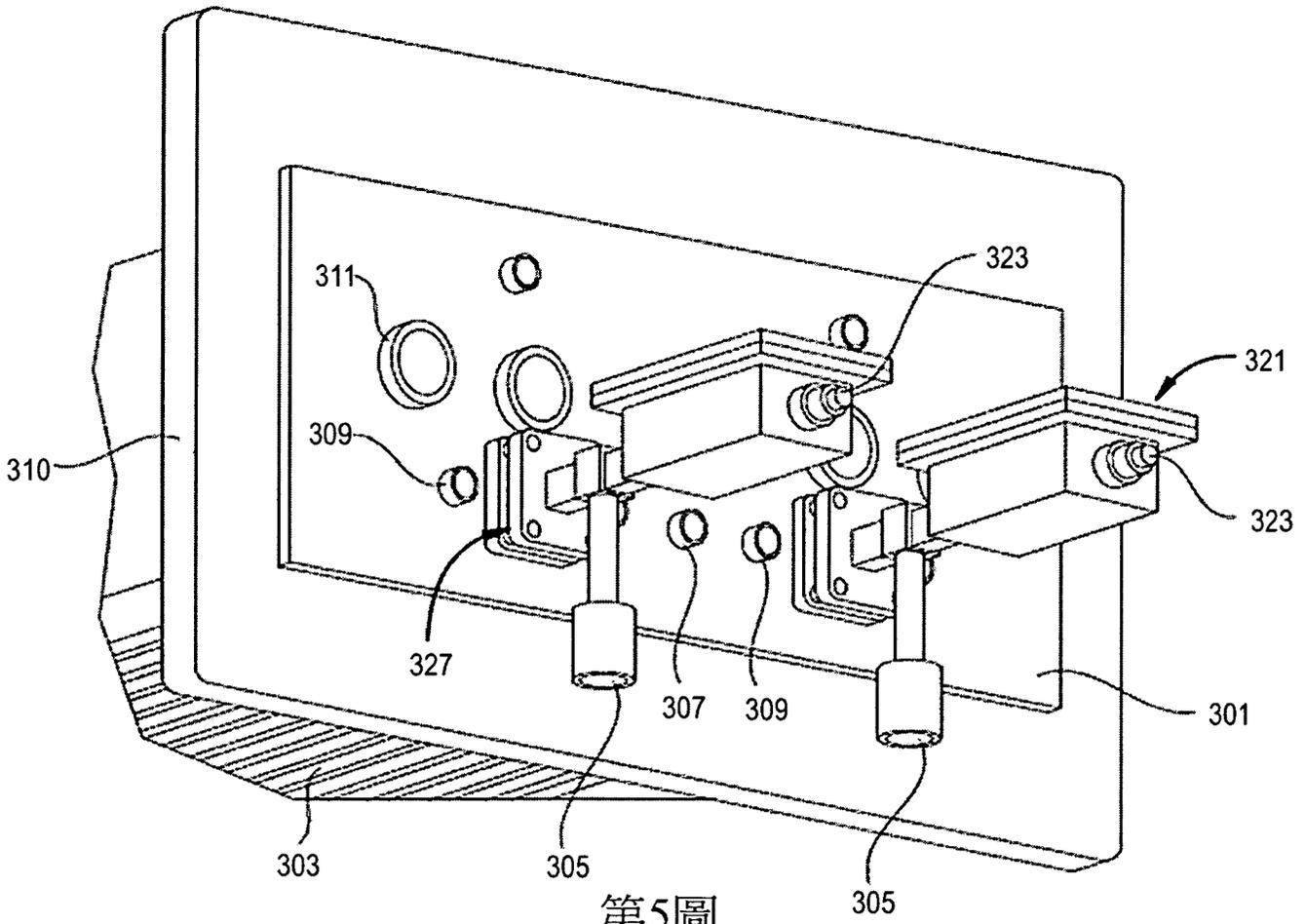
第1圖



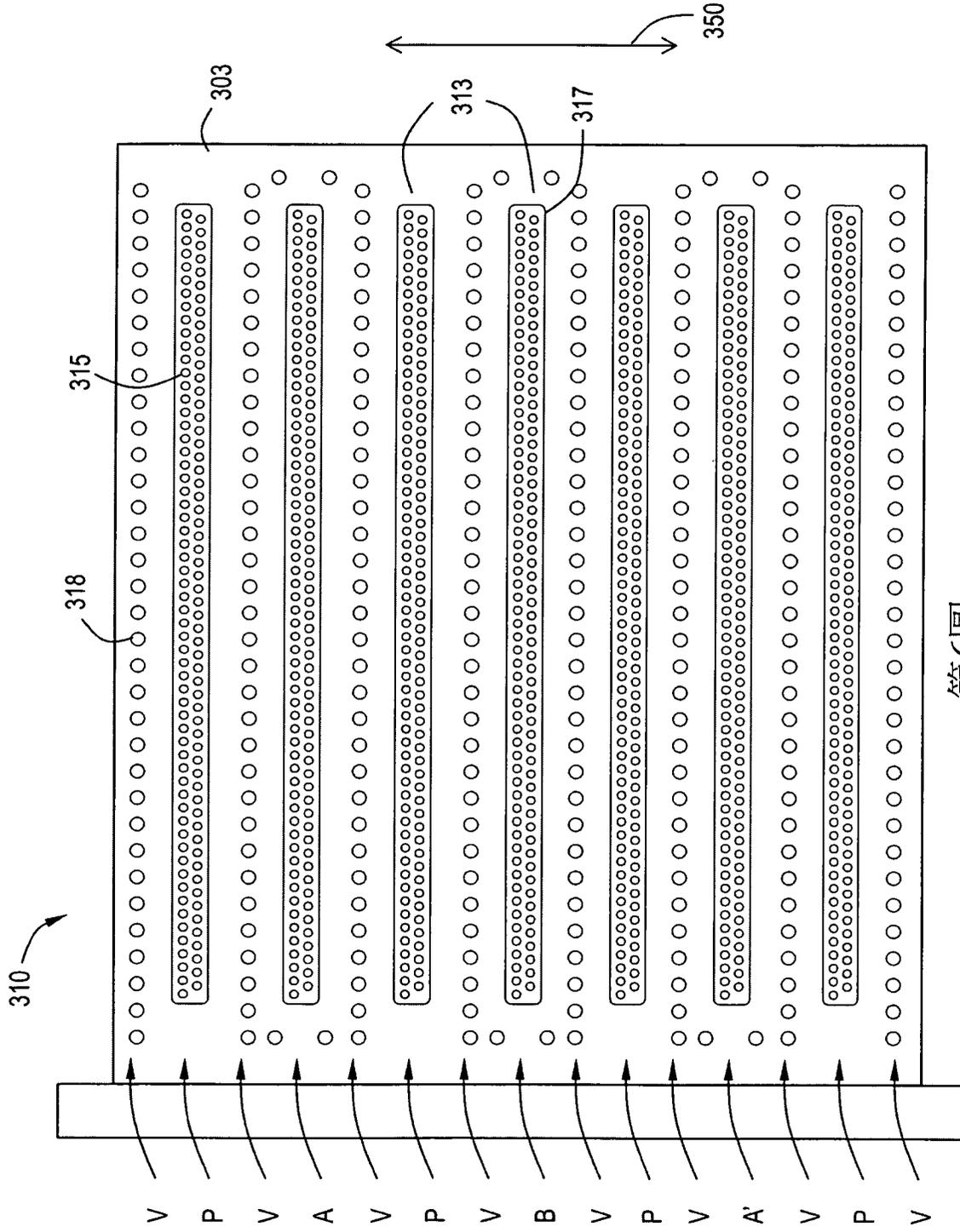
第2圖



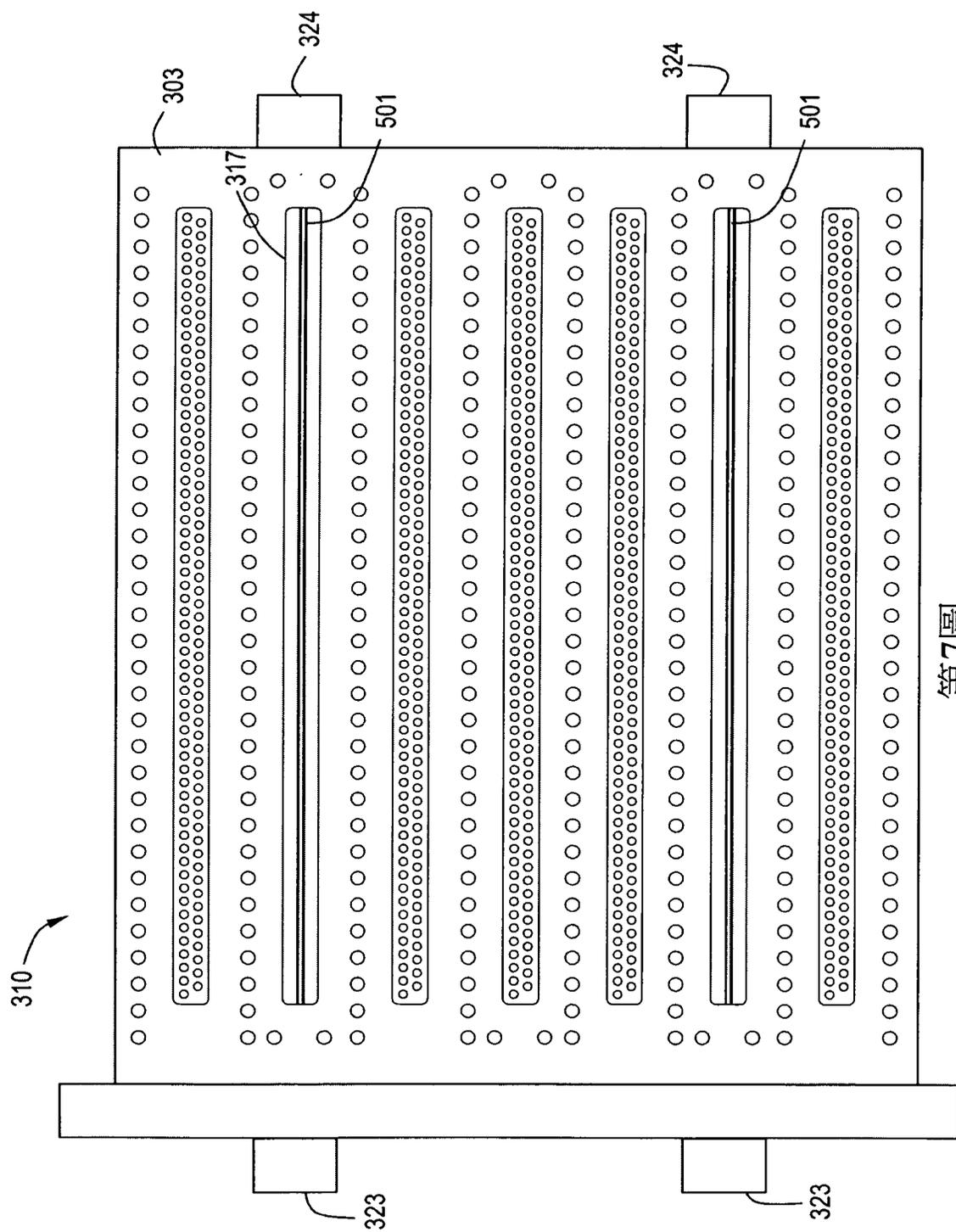
第4圖



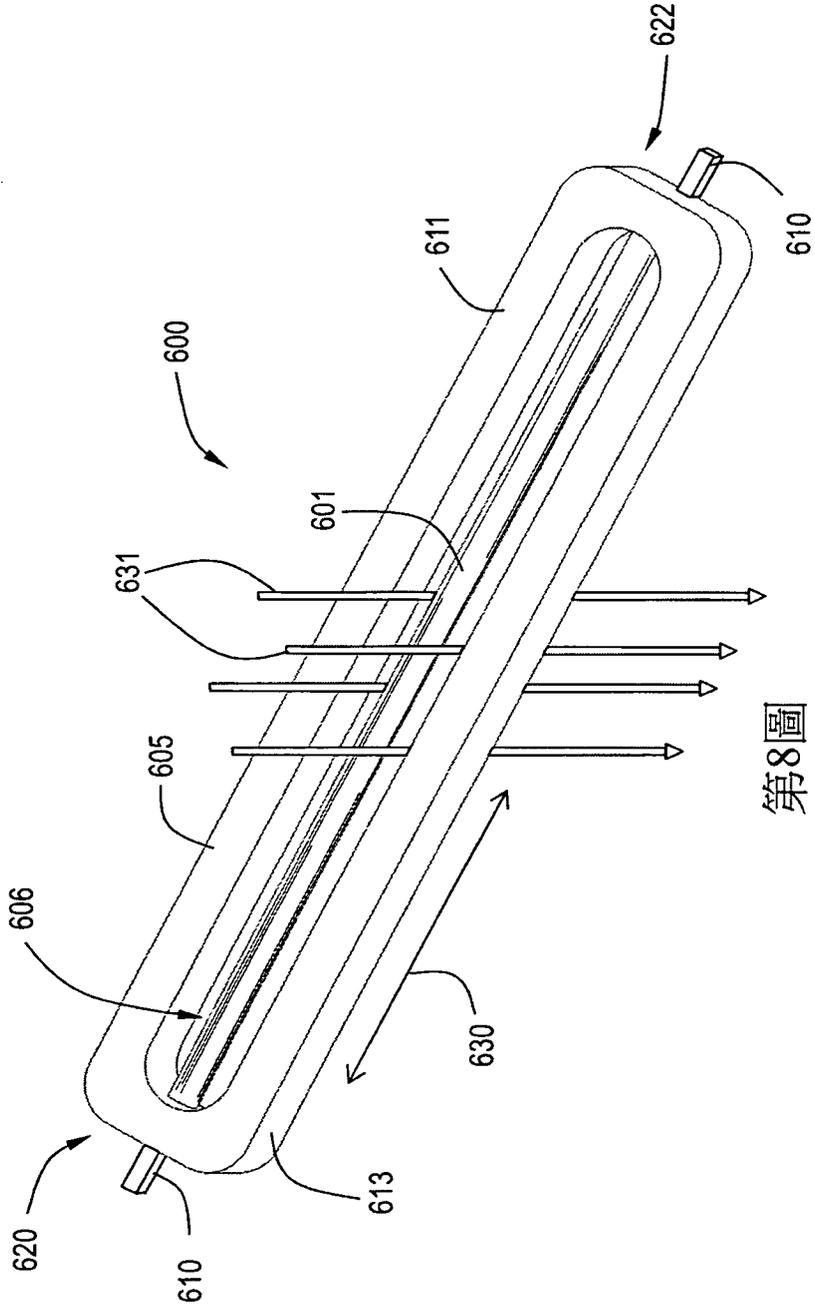
第5圖



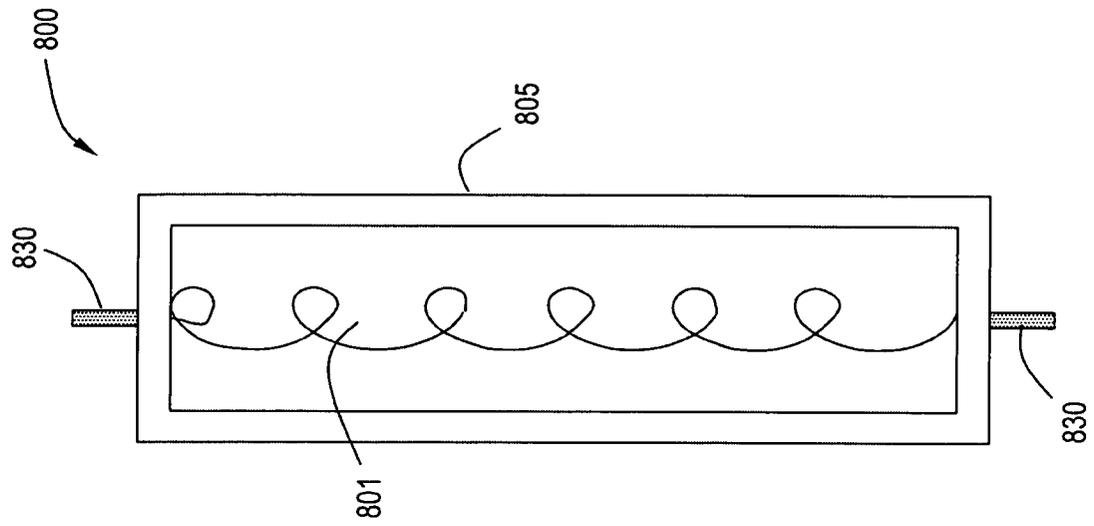
第6圖



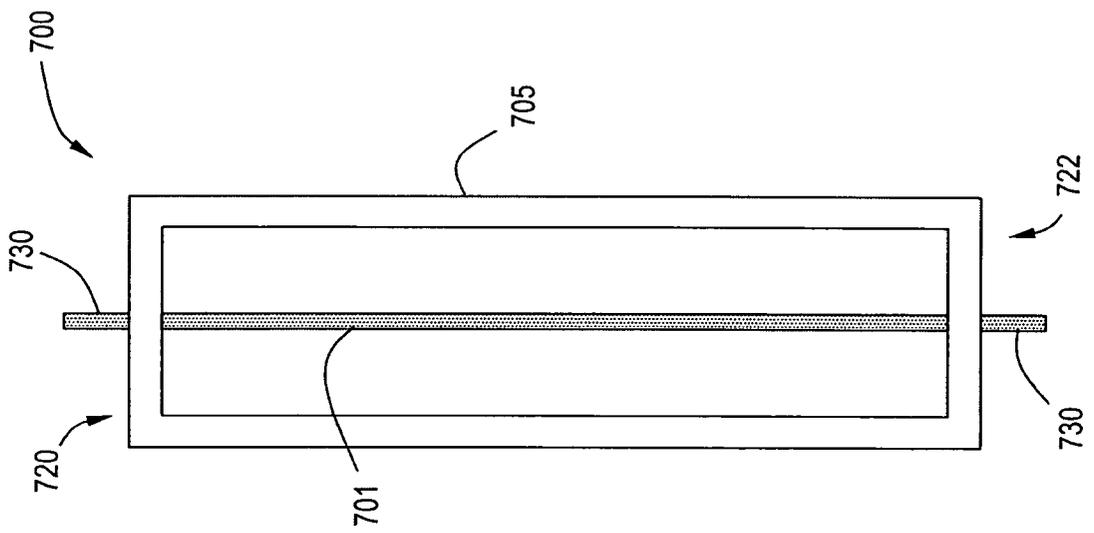
第7圖



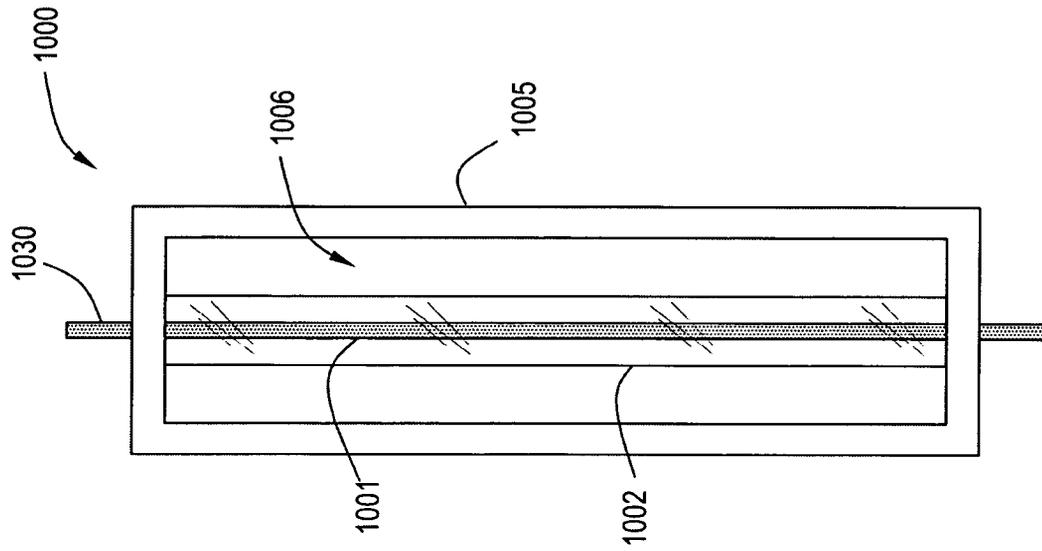
第8圖



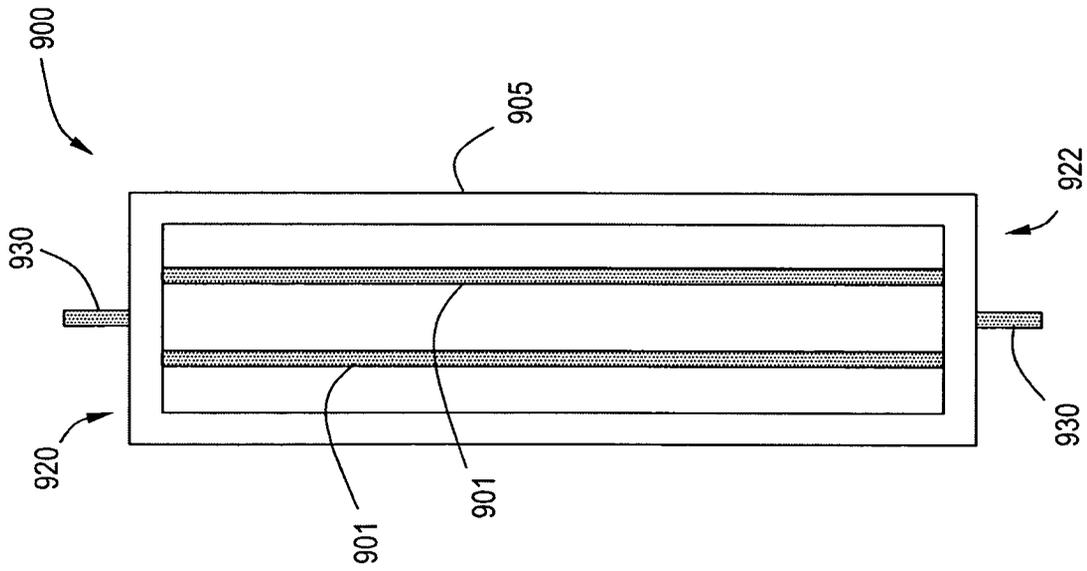
第10圖



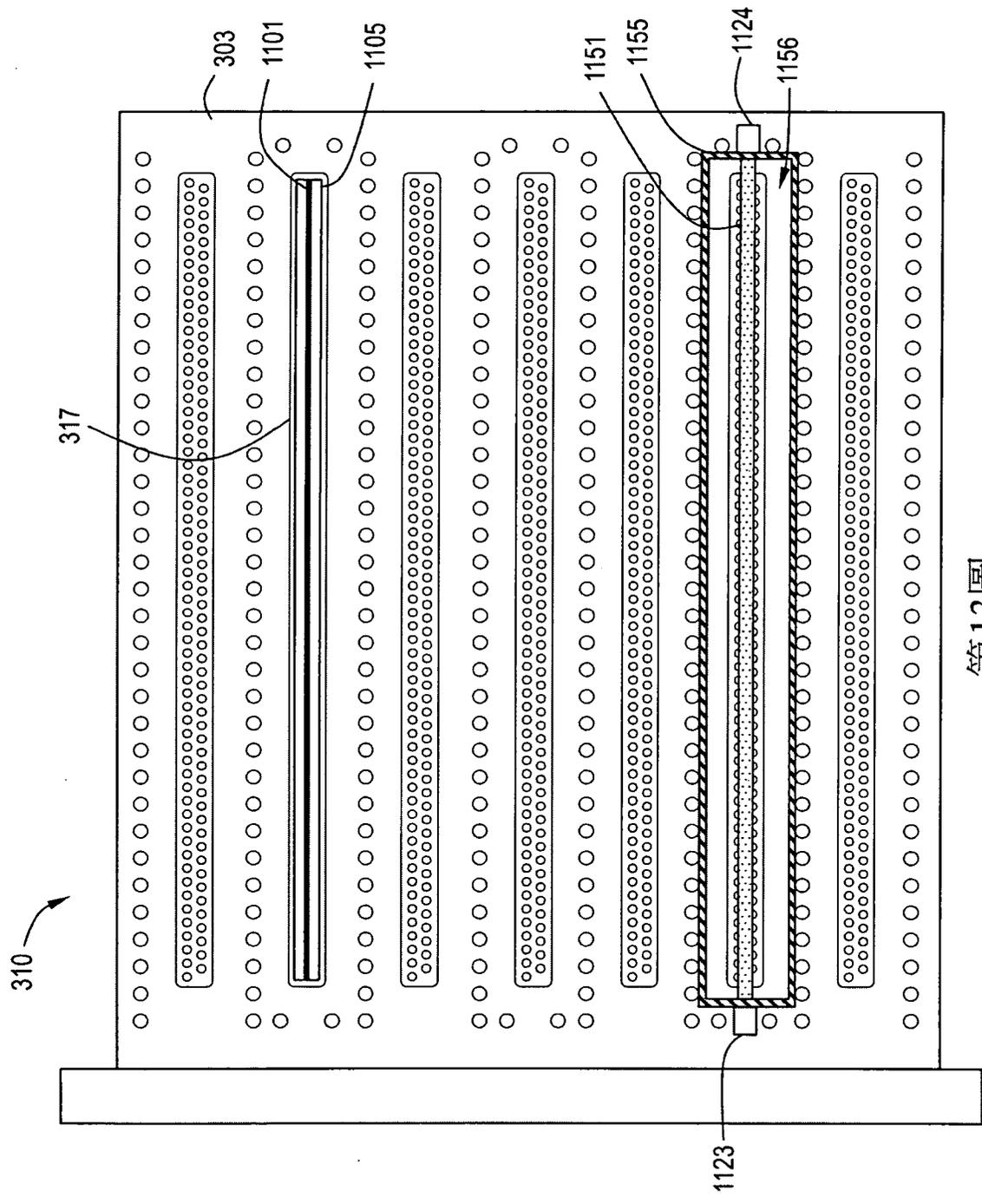
第9圖



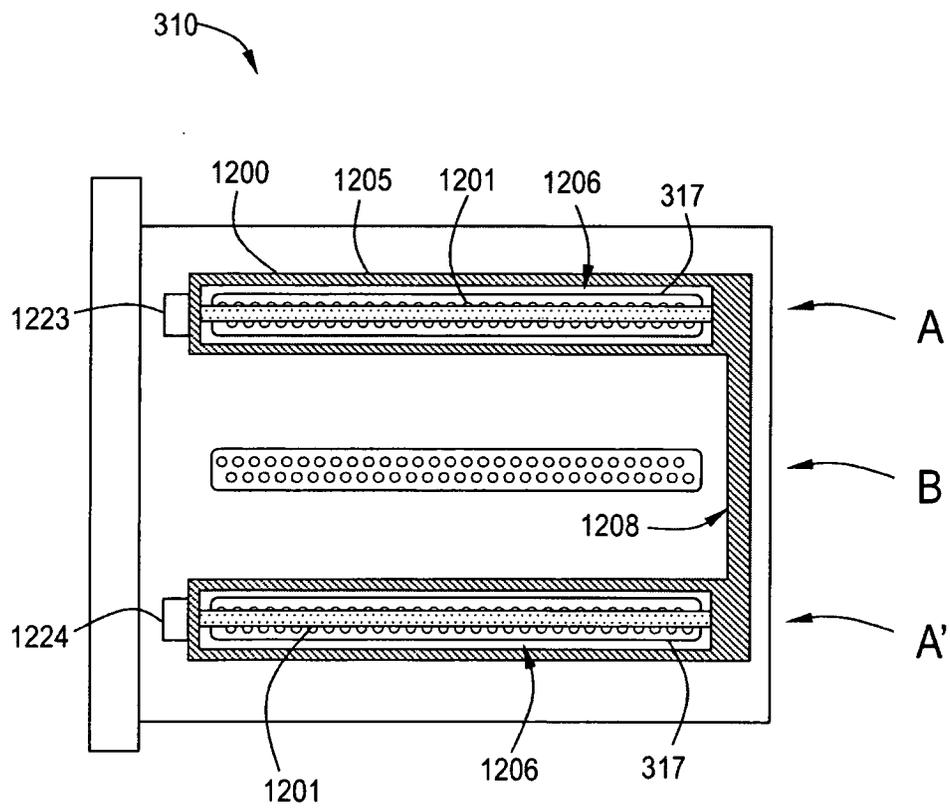
第12圖



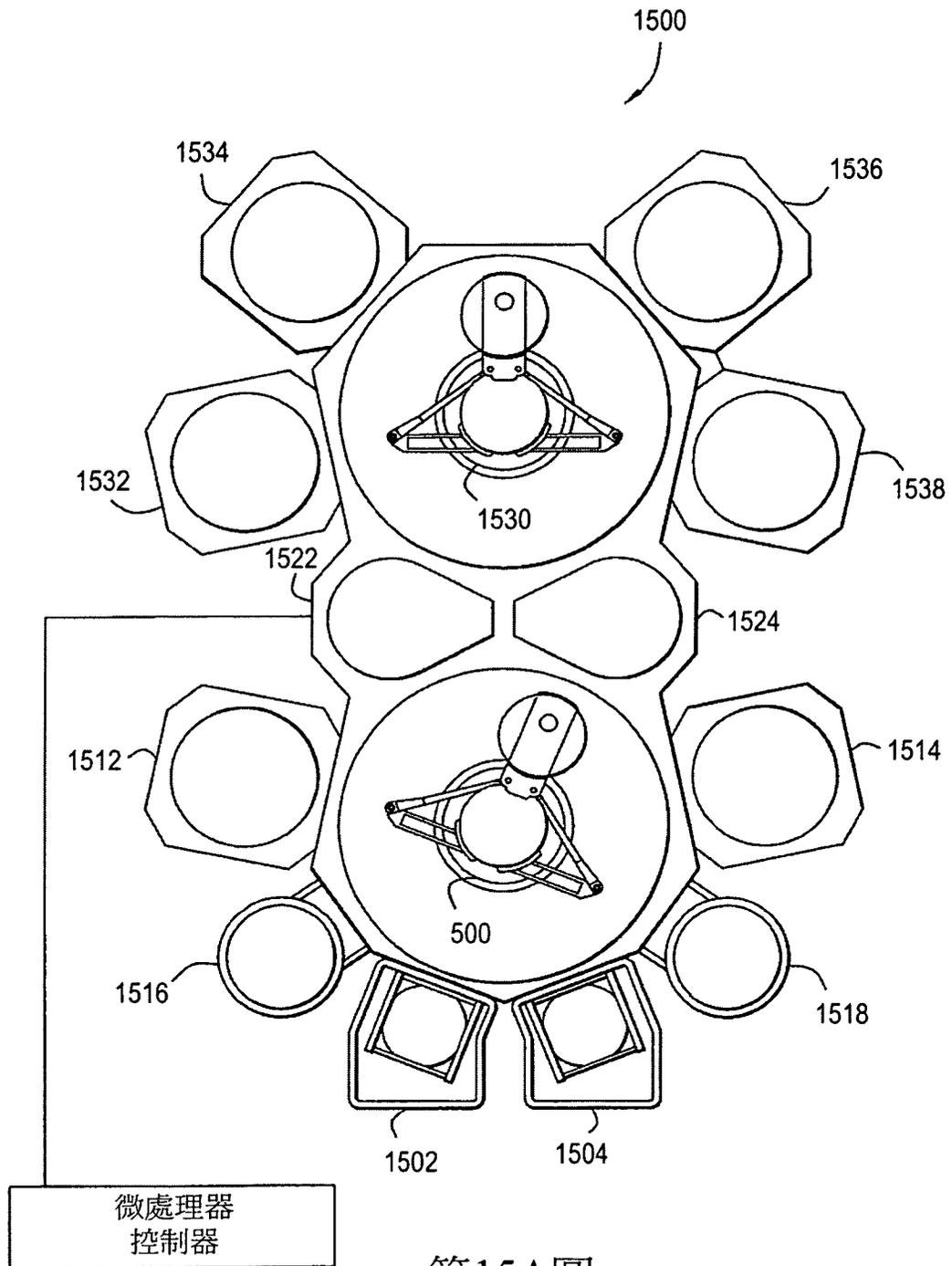
第11圖



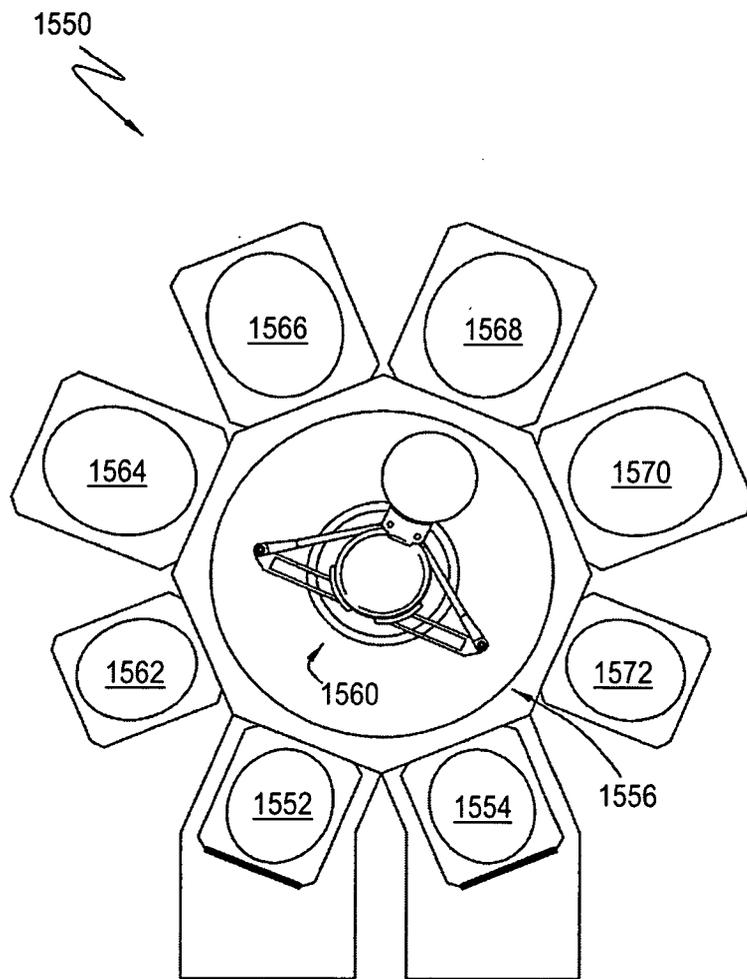
第13圖



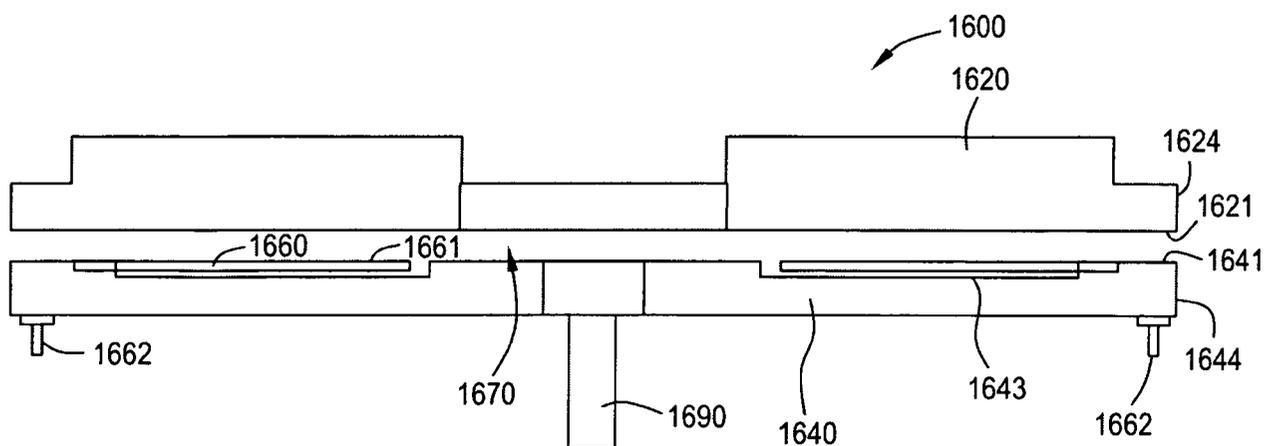
第14圖



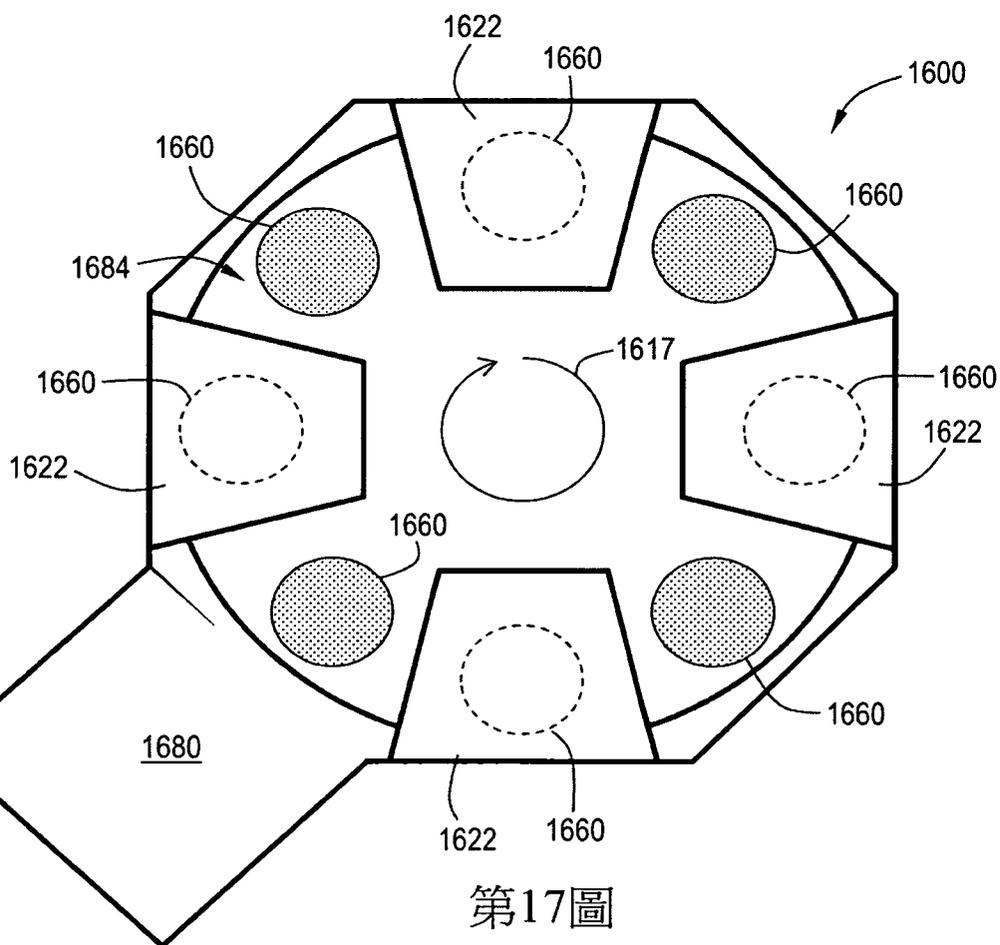
第15A圖



第15B圖



第16圖



第17圖