



(21) 申請案號：106113000 (22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 04 月 18 日
 (51) Int. Cl. : C23C14/24 (2006.01) C30B23/06 (2006.01)
 (30) 優先權：2016/04/25 美國 62/327,323
 2016/06/13 美國 62/349,499
 (71) 申請人：美商創新先進材料股份有限公司 (美國) INNOVATIVE ADVANCED MATERIALS, INC. (US)
 美國
 (72) 發明人：杜麗特 威廉亞倫 DOOLITTLE, WILLIAM ALAN (US)
 (74) 代理人：李文賢；盧建川
 (56) 參考文獻：
 CN 102639746A
 審查人員：黃怡菱
 申請專利範圍項數：19 項 圖式數：13 共 72 頁

(54) 名稱

含有瀉流源的沉積系統及相關方法

(57) 摘要

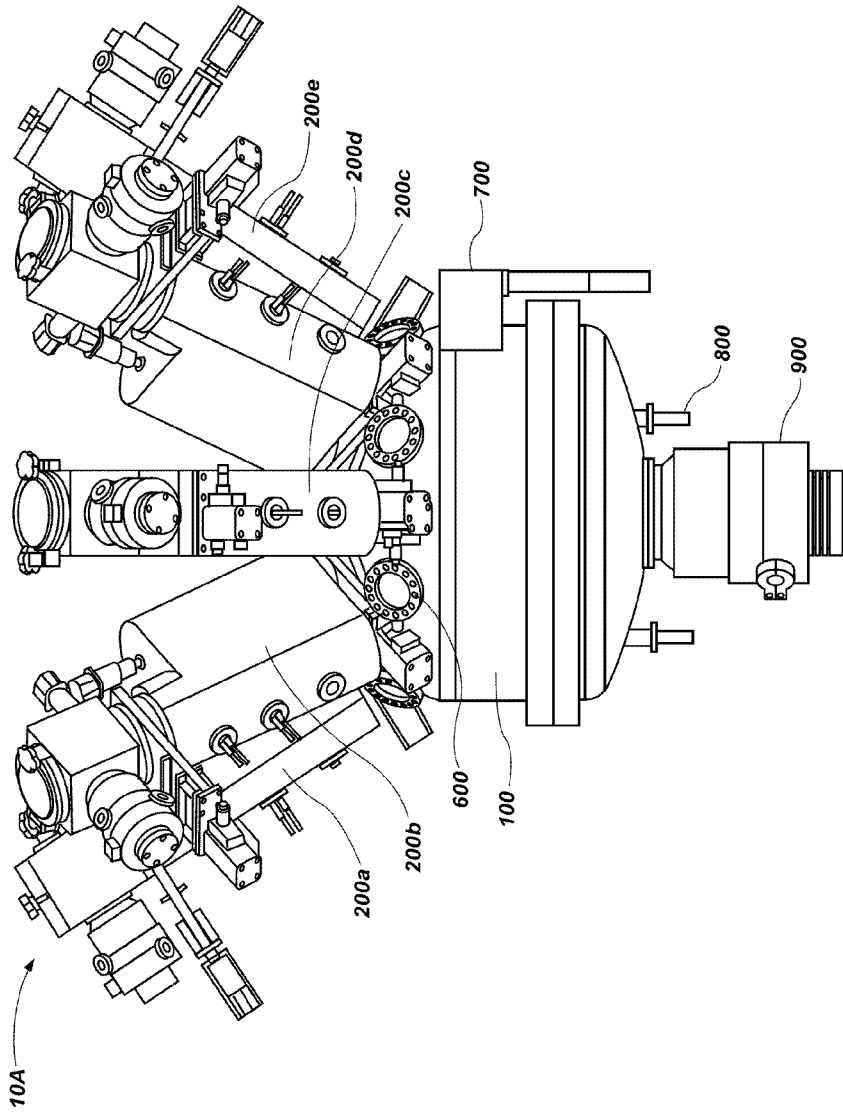
一種物理氣相沉積系統，包括：沉積室；晶片支撐結構，被配置在所述沉積室內，並被配置用來支撐其上的至少一個晶片；和至少一個瀉流單元，至少部分地位於所述沉積室的外部，並與所述沉積室的壁耦合。所述瀉流單元被配置用來通過蒸發或昇華所述至少一個瀉流單元中的材料產生物理氣相，並通過所述沉積室的所述壁中的孔徑將所述物理氣相注入到所述沉積室中，且其中，所述至少一個瀉流單元的特徵在於，所述瀉流單元填入將被蒸發或昇華的所述材料，且無需將所述至少一個瀉流單元從所述沉積室中移除，以及無需中斷經所述沉積系統執行的沉積過程。

A physical vapor deposition system includes a deposition chamber; a wafer support structure disposed within the deposition chamber and configured to support at least one wafer thereon, and at least one effusion cell disposed at least partially outside the deposition chamber and coupled to a wall of the deposition chamber. The effusion cell is configured to generate physical vapor by evaporation or sublimation of material within the at least one effusion cell, and to inject the physical vapor into the deposition chamber through an aperture in the wall of the deposition chamber. The effusion cell is configured such that the effusion cell can be filled with the material to be evaporated or sublimated without removing the at least one effusion cell from the deposition chamber and without interrupting a deposition process performed using the deposition system.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 10A . . . 沉積系統
- 100 . . . 沉積室
- 200a . . . 瀉流單元
- 200b . . . 瀉流單元
- 200c . . . 瀉流單元
- 200d . . . 瀉流單元
- 200e . . . 瀉流單元
- 600 . . . 工具接入埠
- 700 . . . 晶片傳輸埠
- 800 . . . 冷卻盤管
- 900 . . . 真空泵



【圖6A】

【發明摘要】

【中文發明名稱】含有瀉流源的沉積系統及相關方法

【英文發明名稱】DEPOSITION SYSTEMS INCLUDING EFFUSION SOURCES,
AND RELATED METHODS

【中文】

一種物理氣相沉積系統，包括：沉積室；晶片支撐結構，被配置在所述沉積室內，並被配置用來支撐其上的至少一個晶片；和至少一個瀉流單元，至少部分地位於所述沉積室的外部，並與所述沉積室的壁耦合。所述瀉流單元被配置用來通過蒸發或昇華所述至少一個瀉流單元中的材料產生物理氣相，並通過所述沉積室的所述壁中的孔徑將所述物理氣相注入到所述沉積室中，且其中，所述至少一個瀉流單元的特徵在於，所述瀉流單元填入將被蒸發或昇華的所述材料，且無需將所述至少一個瀉流單元從所述沉積室中移除，以及無需中斷經所述沉積系統執行的沉積過程。

【英文】

A physical vapor deposition system includes a deposition chamber; a wafer support structure disposed within the deposition chamber and configured to support at least one wafer thereon, and at least one effusion cell disposed at least partially outside the deposition chamber and coupled to a wall of the deposition chamber. The effusion cell is configured to generate physical vapor by evaporation or sublimation of material within the at least one effusion cell, and to inject the physical vapor into the deposition chamber through an aperture in the wall of the deposition chamber. The effusion cell is configured such that the effusion cell can be filled with the material to be evaporated or

sublimated without removing the at least one effusion cell from the deposition chamber and without interrupting a deposition process performed using the deposition system.

【指定代表圖】 圖6A

【代表圖之符號簡單說明】

10A	沉積系統
100	沉積室
200a	瀉流單元
200b	瀉流單元
200c	瀉流單元
200d	瀉流單元
200e	瀉流單元
600	工具接入埠
700	晶片傳輸埠
800	冷卻盤管
900	真空泵

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】含有瀉流源的沉積系統及相關方法

【英文發明名稱】 DEPOSITION SYSTEMS INCLUDING EFFUSION SOURCES,
AND RELATED METHODS

【技術領域】

【0001】 本申請請求2016年4月25日提交的美國臨時專利申請No. 62/327,323的優先權，並還請求2016年6月13日提交的美國臨時專利申請No. 62/349,499的優先權，其全部內容被納入此處作為參考。本申請的主題還與最近申請的主題為「瀉流單元以及含有瀉流單元的沉積系統以及相關方法」（律師案卷No.3719-P13224.1US）的美國專利申請No._____相關，其全部內容被納入此處作為參考。

【0002】 本發明涉及一種物理氣相沉積系統，包括具較廣的配置定位和操作壓力的獨特高通量，快速時間響應的瀉流單元，以及製造和使用該沉積系統的方法，特別是對於大面積的晶片和大盤的晶片。

【先前技術】

【0003】 薄膜（約小於10 μm ）和厚膜（約大於10 μm ）沉積系統經常被用於半導體，光學鍍膜，工具和機械等行業。這些行業通常包括利用較完善的物理氣相沉積（PVD）方法，過程通過使將被沉積的材料直接蒸發，濺射，或直接從源中傳輸至基片，且無需化學載體氣體來輔助傳輸。當專注於高端半導體產業（微處理器、記憶體、光發射器和其他類似的高性能設備）時，PVD通常被用於非電載體層（介質）和金屬的沉積，但較少用於半導體層本身。在一些較小的性能應用，例如通過PVD來製備非晶態半導體，但通常，在許多重要

的應用中需考慮均勻性、沉積率、質量，以及吞吐量限制PVD的可行性的相關權衡。均勻性往往是主要的設計參數，具有折衷的其他變量以滿足均勻性要求。

【0004】 目標基片上沉積的膜的均勻性是膜厚度的統計變差和幾何變差或是由合金組成時的原子組成，作為定位在基片上的功能。PVD系統，例如已知的用於製備高度均勻的膜的MBE（分子束磊晶）系統，在一些情況下，厚度和組合物的標準偏差為1%或以下。MBE可以製備幾乎任何已知半導體中的高質量半導體薄膜，但在高性能的應用中，需要大面積沉積來用於足夠的生產吞吐量，且MBE在沉積率代價和材料利用率（測量沉積在晶片上的材料數量與晶片沉積中浪費的材料數量）中具有均勻性的權衡問題。考慮到通量分布與對瀉流單元（也被稱為「瀉流源」）軸的角度的對比通常根據餘弦功率（功率通常小於3，最常見2），PVD中或者更具體的MBE系統中的高均勻性則通過將源至基片的距離增加到足夠大的距離被獲取，從而獲得近似圖1A和1B中所示的通量分布。然而，由於到達基片的通量減少約 $1/L_{SS}^2$ 的係數，其中 L_{SS} 是基片至源的間距，因此這種常見的做法還實質上降低了沉積率。圖1A和1B所示出的數字示例中，通量從 2.5×10^{14} atoms/cm²-sec減少至 1.57×10^{13} atoms/cm²-sec，垂直位置增加， L_{SS} 從30 cm(圖1A)至120 cm(圖1B)，來獲取足夠的均勻(1%)通量屬性。在MBE中，強制通風熔罐被用來提高均勻性，但是與直壁式熔罐相比其容量減少，並示出眾所周知的被稱為「損耗影響」的長期通量不穩定，其中，被蒸發的材料的表面積由於材料消耗而改變，因此就算在恆定溫度下，也會隨著時間改變通量。所有開放式的熔罐，不論是強制通風（錐形）或直壁式，示出由於消耗影響一些測量的長期通量不穩定，且當外部快門被打開或關閉時傾向於短期通量不穩定。當部分熱反射快門從瀉流單元開口被移出時，這些短期外部快門通量瞬變是眾所周知的瀉流單元瞬時冷卻或加熱的結果，從而允許從瀉流單元的更多（打開快門）或更少（關閉快門）熱損失，通過驅動PID(Proportional Integral Derivative)

控制系統經瞬變被補償，向電阻絲施加更多（打開快門）或更少（關閉快門）功率回至所需的恆定溫度。30 cm(圖1A)處的均勻性不能用於300 mm晶片（如圖中顯示的粗黑線）。當瀉流單元退至商業MBE系統中的典型距離120 cm時，如圖1B所示均勻性大幅提高，但是由於性質 $1/L_{ss}^2$ 取決於源至基片距離 L_{ss} 上的通量，生長率經晶片表面通量被測量，明顯下降。因此，在使用允許短距離L的小基片時，MBE是非常有用的研究工具，但由於晶片/盤片尺寸被增加，受到明顯的尺寸制約，導致較小的市場份額。

【0005】 物理氣相沉積是眾所周知的沉積過程，其中，將被沉積在沉積室內的基片上的元素或分子，通過蒸發或昇華過程被提供。然而物理上不同的過程中「蒸發」和「昇華」這兩個詞在此被交替使用，並取決於將被沉積的材料。沉積室是封閉的且通常在真空下。也就是說，至少一些可測量的氣體從沉積室中被移除。沉積室通常由鋼、鋁、其他金屬或玻璃形成，並且在外部區域、常規空氣，和氣體被部分移除的內部區域之間定義物理邊界。

【0006】 當氣體位於絕對零度以上溫度時，氣體的各分子或原子具有定義為 $\frac{1}{2}mv^2$ 的特定動能，其中m是氣體粒子的質量（原子或分子），且v是粒子的速度。當這些高能粒子與室壁發生碰撞時會在室壁上產生力。施加於室壁上的所述力作為壓力被示出並通常以psi（pounds per square inch）的單位被說明，其他單位通常是所屬技術領域中具有通常知識者已知的pascals或torr。施加的力的大小取決於室的面積、發生的碰撞數，以及氣體的密度和動能。

【0007】 當考慮一種系統，其中室外的壓力與真空室內的壓力不同，淨力作用於室壁上。當室外的壓力小於室內的壓力時，則施加力使室膨脹或甚至破裂。在這種情況下，該室被稱為壓力室。當室內的壓力小於室外的壓力，則施加淨力使室壓縮或甚至破碎。在這種情況下，該室通常被稱為真空室，必須堅

固地製成以承受施加於其上的力。為了方便起見，所述「室」涉及“「真空室」或「室」。

【0008】 在許多應用中，如半導體、光學塗層，工具塗層，以及各種生物醫學應用，製品處理包括薄膜沉積、蝕刻，和退火，但並不侷限於此。因此不僅需要將室排空，還需要將控制的已知氣體流引入至真空室。該氣體可提供沉積、蝕刻、退火中使用的製品，或一般用於處理真空環境中所生成的製品。真空可以提供一種除了真空做不到的處理方法，例如電漿處理，或者僅僅是提供壓力差，從而使氣體流動並由此被傳送至正在處理的製品。或者，真空可以提供一種減少不需要的背景雜質濃度以防止製品污染或防止不良化學反應或熱反應的方法。所屬技術領域中具有通常知識者應理解使用真空來處理製品的多種原因，在此所提到的僅為示例且並未詳盡。

【0009】 由於通常不能除去室中所有的氣體粒子，存在一些可測量的殘餘氣體，定義真空室壓力，通常相對於海平面的大氣壓力（1大氣壓相當於760 torr）被測量。當氣體被除去，壓力約為760 torr至 1×10^{-3} torr時，真空被稱為「中真空」。當壓力進一步降低到約 1×10^{-3} torr至 1×10^{-8} torr的範圍時，真空被稱為「高真空」或「HV」，當壓力進一步降低到約 1×10^{-8} torr以下時，真空被稱為「超高真空」或「UHV」。

【0010】 不管室是否為真空室，管，孔或任何其他封閉的容積，室的幾何形狀定義氣體流動穿過系統的一些關鍵特徵。因此，所有封閉的容積都簡單地被稱為「室」，當氣體處於足夠低的壓力時，粒子不會頻繁地互相碰撞。粒子互相碰撞之前移動的平均距離通常被所屬技術領域中具有通常知識者稱為「平均自由徑」（碰撞之間）。當室壁以小於平均自由徑（ λ ）的距離被隔開時，與室壁的碰撞支配粒子間的碰撞，來決定經動量傳輸的以及來自氣體和室壁的氣流的阻力。該氣流的模式被稱為（分子流）。

【0011】 當氣體的平均自由徑小於室壁的尺寸時，粒子間的碰撞支配經動量從粒子傳輸至粒子的氣流的阻力。該氣流模式被稱為（黏性流），並示出類似流體，其中粒子作用減緩並從室壁中散射具較小阻抗效應的其他粒子。

【0012】 當氣體移動穿過真空系統時，可以從一種流動模式轉變為另一種模式。例如，氣體可在較小的管（真空室的一種形式）中被傳送，其中，其壓力和管的尺寸將其定義為黏性流模式。氣體隨後可被注入到較大的室，其中，其壓力和室的尺寸將氣體定義為分子流模式。經平均自由徑與室主要尺寸的比率定義的無量綱量，對所述技術領域中具有通常知識者來說為已知技術，稱為「Knudson number」（「K」），定義氣體的模式。當Knudson number約大於1時，氣體傾向於分子流，且當Knudson number約小於1時，氣體趨向於黏性流。所屬技術領域中具有通常知識者應理解，不存在明顯的界限來定義黏性流與分子流，因此，當Knudson number約為1時，通常將定義為「混流」的區域用來定義流特性的轉變。

【0013】 通常情況下，真空工具的處理速度部分地取決於「氣體吞吐量」（「Q」），其涉及到分子通量J。吞吐量用於測量流動穿過系統的總質量。因此，較高的質量流相當於更多的氣態物種進入室中。在沉積系統中，較高的Q或J是可取的，從而增加沉積率，並由此處理吞吐量。所述技術領域中具有通常知識者應理解，吞吐量Q的常用單位為每秒torr-liters、每秒標準（大氣壓）立方厘米、每秒標準升或其他單位。分子通量J的單位為原子數/(cm²-second)或克/(cm²-second)中的任何一個。在一些情況下，吞吐量由將被運作的室中的設定壓力定義，且在其他情況下，其相對於大氣壓（標準壓力）被定義。

【0014】 室的壓力和氣體吞吐量與室的熱導相關。室、管，或孔的熱導用來測量氣體流動的逆電阻，且通常是以升/秒(L/S)的單位被測量。因此，當為分子流狀態時，熱導僅由室的尺寸被定義，其用來限制氣流，且粒子間的碰撞對

於限制氣流的影響不大。同樣地，黏性流狀態的室中的熱導取決於氣體的壓力，設定的氣體壓力決定碰撞數，以及氣流的阻抗。一般情況下， Q ， C 以及壓力 P 之間的關係為

$$\text{方程式 1) } Q=CP,$$

其中，分子流時， C 為常數，取決於室的尺寸，且黏性流時， C 為變量，取決於室的尺寸和壓力兩者。以下考慮到取決於熱導的壓力示出有關黏性流的更準確方程式

$$\text{方程式 2) } Q=F(P_{\text{up}}^2-P_{\text{down}}^2),$$

其中 P_{up} 是上游氣流中的壓力（氣流來源）且 P_{down} 是氣流的下游中的壓力（真空室中或在將真空供應至室的泵中）。上游和下游壓力之間的差異往往足夠大使下游壓力可被忽略。因此，通過 $C=F/(2 \times P_{\text{average}}) \sim F/(2 \times P_{\text{up}})$ ，方程式2）可被縮減至方程式1）。

【0015】 真空需要某種形式的泵將氣體從真空室中去除來生成真空。除非真空泵連續地排出氣體，否則氣體流動進入室中會導致壓力增加。因此，每一個真空系統至少包含一個或有時更多真空泵。真空泵的性能由已知的泵速 S 的值示出，並且具有與室熱導相同的單位。因此，泵的泵速取決於黏性流狀態下的壓力，並與分子流狀態下的壓力無關。

【0016】 由於泵速與室熱導有相同的單位，可以通過有效熱導 C_{eff} 更換方程式1和2中的熱導 C 說明各組合效應，

$$\text{方程式 3) } 1/C_{\text{eff}}=1/C+1/S。$$

【0017】 同樣地，當大的以及小的一些(n)室，以及泵以一系列氣流配置被連接時，有效熱導如以下被示出：

$$\text{方程式 4) } 1/C_{\text{eff}}=1/C_1+1/C_2+\dots+1/C_n+1/S。$$

【0018】 當具有較高泵速的泵以一系列各種尺寸的室連接時，最低的熱導室，即，具有最小特徵尺寸的一個，將決定整體熱導，並由此決定系統的吞吐量和壓力。因此，當高速泵通過小的開口（有限熱導）被連接至真空室，該開口限制整體熱導，且吞吐量以及可達到的壓力。在此根據本發明的實施例示出該特徵的重要性，並可忽略方程式3和方程式4中的泵速S，從而系統通量吞吐量由傳送系統的源和組合熱導的壓力決定（即在此所述的瀉流單元）。

【0019】 在分子流條件下，熱導是獨立的壓力，因為氣體分子不太可能相互作用。圓形孔（具有開口的孔徑，開口的厚度基本上小於開口的直徑）具有以下熱導：

方程式 5) $C=11.6 \pi D^2/4$ ；或

$$C = 11.6(\text{截面積孔})。$$

【0020】 管的熱導為：

方程 6) $C_{\text{tube}} = 11.6(D^3/L)$ ；或

$$C_{\text{tube}} = 11.6(\text{截面積管})(4D/\pi L)，$$

其中D是孔/管的內徑（cm），L是管的長度（cm），P是壓力（torr）。應注意，在該分子流的情況下，熱導C與壓力無關。

【0021】 對於管的黏性流，熱導C為：

方程式 7) $C=180(D^4/L)P_{\text{average}}$ ；或

$$C=180(\text{截面積管})(4D^2/\pi L) P_{\text{average}}。$$

【0022】 與簡單的 $Q=C_{\text{eff}}P$ 相比，黏性流狀態下氣流特徵化的更準確的方法為：

方程式 8) $Q=F(P_{\text{upstream}}^2 - P_{\text{downstream}}^2)$

其中， P_{upstream} 為孔的上游壓力，且 $P_{\text{downstream}}$ 為孔的下游壓力，F與熱導有關，與C的關聯為：

方程式 9) $F=C/(2P_{average})$ ，其中

$$P_{average}=0.5(P_{upstream}+P_{downstream})。$$

【0023】 有關黏性流管的C和F之間的關係通過以下被證實

$$Q = C(P_{upstream} - P_{downstream})$$

$$P_{average}Q = C(P_{upstream} - P_{downstream})P_{average}$$

$$P_{average}Q = C(P_{upstream} - P_{downstream})\frac{(P_{upstream} + P_{downstream})}{2}$$

$$P_{average}Q = C(P_{upstream}^2 - P_{upstream}P_{downstream} + P_{upstream}P_{downstream} - P_{downstream}^2)\frac{1}{2}$$

$$Q = \left(\frac{C}{2P_{average}}\right)(P_{upstream}^2 - P_{downstream}^2)$$

$$Q = F(P_{upstream}^2 - P_{downstream}^2)$$

$$\therefore F = \left(\frac{C}{2P_{average}}\right)$$

【0024】 從方程式5至方程式7，當尺寸為cm，壓力為Torr時，所有的熱導以升/秒被測量，且其中對於上述各熱導方程式的前因子用於說明單位轉換。非圓形的孔徑和管具有本技術領域已知的相似表示，但並不普遍。

【0025】 管和孔的開口的面積尺寸影響熱導。因此，高質量流通過方程式1) 被說明，其優選是具有大直徑的管和孔，使熱導最大化。

【0026】 由於本發明實施例利用一些堅固的機械連接，被設計用來支持比現有熔罐和瀉流單元設計更大的機械負荷，因為這些連接（在一些情況下）可能需要被液體密封，來防止液化蒸發的材料溢出，需要一中在真空中連接厚重部分的方式且不會生成「虛漏」。虛漏是通過低熱導路徑與真空連接的體積中捕捉的氣體（非液體）。該路徑通常是較小或高度收縮的開口或類似螺紋的狹長路徑。用於避免虛漏的本技術領域的已知方法包括中心鑽孔的螺栓和螺釘，被用於盲螺紋孔以便提供另一氣體路徑或將一個接頭的內螺紋開槽，允許更直接的（更直及更短的）路徑來用於氣體溢出。但是，雖然需要將內螺紋開槽來

用於使捕捉的氣體溢出，但其會使液體蒸發的材料經「毛細作用」穿過槽從接頭中溢出。因此，在本發明中，一些液體可能溢出的關鍵接頭可被塗層，如後面所述，在接頭的外部突出從而來密封接頭。該接頭通過螺紋連接被機械地完成並經外部塗層被液體密封。螺紋的結合還可以包括氣體埠凸出（沿螺紋的切口）和，比內螺紋更短的外螺紋，來消除沿螺紋或機械結合的基部被捕捉的氣體。

【0027】 如本技術領域已知的，MBE系統由一個或多個加熱的熔罐構成，該熔罐被填入蒸發（或昇華）材料，配置在真空室中從而將蒸發材料引導至基片，被凝結成為固體薄膜。機械快門通常被配置在熔罐外部，從而中斷或使蒸發材料的通量沉積在基片上。熔罐通常被設計為薄壁的材料（通常約為0.035英寸(0.089 cm)厚），一般由聚萘二酸丁醇酯(PBN)或其他合適的高純度、熱透明材料製成，或是在一些情況下，熱不透明的難熔金屬，氧化物，例如氧化鋁、氧化鈹，或石墨。總的來說，熔罐可被拆卸和更換，使其可以互換，因此，沒有特定的材料。由於優選是調整蒸發通量，來實現不同的沉積率，或是以特定的通量比率混合蒸發材料，來生成複合薄膜，在幾乎所有的情況下，由於MBE熔罐較薄，使熱質量最小化從而使改變溫度的響應時間最大化，並由此改變所需的蒸發通量。

【0028】 在此，離開瀉流單元的氣流包含具壓力P的蒸汽或氣體，並通過橫截面積A的足夠薄的限制性開口（孔）進入至真空，通過以下被示出：

$$\text{方程式 10) } J=PA/(2\pi mkT)^{1/2},$$

其中，開口足夠薄，被歸類為厚度比開口寬度更薄的孔，且J=氣流，m=蒸發種類的分子質量(kG)，K=玻爾茲曼常數，T=單元中的絕對溫度，P=與溫度T相關的單元中的壓力，通過以下形式：

$$\text{方程式 11) } P=Ye^{(-Ea/kT)},$$

Y 是蒸發材料的特徵常數，且 E_a 是與蒸發或昇華過程相關的活化能。

【0029】 從相隔孔的距離 L_{SS} 處進入到真空中的分子的準確通量為多變量的複雜函數，但其在本領域中為已知技術。這些變量包括 J ，孔的尺寸，孔的形狀，以及甚至局部壓力（ P 是位置 z 函數，其中 $0 \leq z \leq L_{SS}$ ），其變化的原因在於其進入真空中至基片位置點 L_{SS} 時分子束擴展或聚焦。

【0030】 使用Lambert的近似法，示出由於將相隔孔的距離 L_{SS} 平方，位於相隔孔的距離 L_{SS} 處的基片上的入射通量 F 減少：

$$\text{方程式 12) } F = HJ/(L_{SS}^2),$$

其中 H 是比例係數。

【0031】 用於生成通量的已知方法通常涉及：含有將被蒸發的材料的熔罐，將熱提供給熔罐的燈絲加熱器，以及光束阻擋機制（快門或閥）。熔罐可以通過各種各樣的材料被製成，但根據性能被選擇，不與將被蒸發的源材料化學反應，並使不良汙染氣體的排氣最小化。熔罐通常為具有開口端的容器，但在一些情況下，為具有噴嘴或孔的密封容器，設計來限制或塑造離開單元的通量。

【0032】 絕大多數的瀉流單元使用安裝在熔罐外部的機械快門，由葉片組成，配置在離開瀉流單元的通量的分子束的路徑中。這些外部安裝的快門降低傳遞的通量，但為更高壓力時，出現散射或室解吸，當在關閉位置，該通量減少可僅約為10的係數。所述葉片可以由鎢, 鈹, 鈾, PBN, 石墨或是被充分限制與蒸發材料反應的其他材料製成，並通常不加熱，從而不斷增加快門上沉積的材料厚度。沉積的材料可能被積累，從而厚度會引起快門驅動問題（遲緩或鎖定問題）並甚至可能會接觸到包圍快門的冷表面，快門和冷表面之間形成「固化材料焊接」，阻止快門驅動。葉片通常是通過線性回縮/插入機制被驅動，或沿小

於360°的圓弧路徑旋轉運動，通常為90°至180°。關閉一個打開的快門，需要快門反向橫穿其在打開週期期間所移動的路徑，該過程緩慢並往往不實用。

【0033】 同樣，在一些罕見的瀉流單元中，柱塞式閥被用來堵住和打開瀉流單元熔罐的圓柱形管，從而切斷並恢復分子通量。該設計允許加熱的閥體，使材料積累最小化，並提供更主動的關閉，從而減少了閥/快門中通量「洩漏」的數量。然而，該柱塞閥通量調制方法需要相同的路徑被反向穿越，導致類似於外部快門配置的緩慢通量調制。該分子通量中斷的方法被設計為簡單並偶爾地啟動與停止光束，且在MBE領域眾所周知當需要快速頻繁的快門/閥時較難製作。要求快速通量調制的方法包括生長多層的薄替代組合物，被稱為超晶格或提供金屬的頻繁脈衝來增加金屬調制磊晶（MME）過程中發生的表面遷移，例如在題為「用於生長非相分離的三族氮化物半導體合金的系統和方法」美國專利號No. 9,142,413中被說明。因此，當要求快速脈衝調制的通量生長時，無論是外部安裝「刀片式」的快門和內部安裝的「柱塞式閥」都不能提供所需的驅動速度。這些快門/閥系統的時間限制隨著沉積率增加被加劇。例如，在MME的情況下，快門驅動每2秒的生長率可約為1-2 μm /小時，但要實現約為10-50 μm /小時的生長率時，頻率需增加至每0.1至0.2秒。

【0034】 使用MBE系統的主要原因之一是保持超高真空，以盡量減少不理想的雜質摻入。大多數情況下，這些雜質是不理想的氧氣和碳氣形式，主要來自加熱的金屬，為這些不理想的污染氣體的幾乎無限的來源。在維護和操作程序時要特別注意，以確保每天實現非常低的基準壓力。例如，用來生長三族氮化物材料的商業MBE系統能夠在各操作日以大約 $6-8 \times 10^{-11}$ Torr基準壓力（可以通過離子量規壓力感測器讀取下限）開始。然而，當瀉流單元或基片加熱器中的任何一個從閒置值（約200 °C）增加到其操作溫度，在系統中的基準壓力可能會從靜態值上升至 10^{-9} Torr一樣高（且立刻甚至更高）。

【0035】 MBE通過使用由電阻金屬絲加熱的瀉流單元被執行，且基片保持件通常由金屬的鈿，鎢，或銦氧穩定的鉑被製成。該電阻金屬絲，用於保持電阻金屬絲的陶瓷部件，和金屬的氣體捕獲輓件，被用來反射熱並使溢出瀉流單元或基片加熱器的熱量最小化，但是其可能會導致雜質被引入蒸發通量。金屬是含碳和含氧氣體的無限源並容易排出一氧化碳、二氧化碳和氧氣，以及其他不良分子，其需要被抽走或將其納入到生長膜中。此外，基片加熱器和瀉流單元以直接瞄準線至生長基片。因此，用於分散或脫附氣體的所有精緻屏蔽和吸氣泵，在遇到生長基片之前對於降低氣體濃度的影響不大。

【發明內容】

【0036】 在一些實施例中，本發明提供一種物理氣相沉積系統，包括：沉積室；晶片支撐結構，被配置在所述沉積室內，並被配置用來支撐其上的至少一個晶片；和至少一個瀉流單元，至少部分地位於所述沉積室的外部，並與所述沉積室的壁耦合，所述瀉流單元被配置用來通過蒸發或昇華所述至少一個瀉流單元中的材料產生物理氣相，並通過所述沉積室的所述壁中的孔徑將所述物理氣相注入到所述沉積室中，且其中，所述至少一個瀉流單元的特徵在於，所述瀉流單元填入將被蒸發或昇華的所述材料，且無需將所述至少一個瀉流單元從所述沉積室中移除，以及無需中斷經所述沉積系統執行的沉積過程。

【0037】 在其他實施例中，本發明提供一種物理氣相沉積系統，包括：沉積室；晶片支撐結構，被配置在所述沉積室內，並被配置用來支撐其上的至少一個晶片；和至少一個瀉流單元，被配置用來通過蒸發或昇華所述至少一個瀉流單元中的材料產生物理氣相，並將所述物理氣相提供至所述沉積室中，和冷卻盤管，被配置在所述沉積室中，所述冷卻盤管圍繞和包圍所述晶片支撐結構和所述至少一個瀉流單元之間的所述沉積室內的體積空間。

【0038】 在其他實施例中，本發明提供一種物理氣相沉積系統，包括：沉積室；晶片支撐結構，被配置在所述沉積室內，並被配置用來支撐其上的至少一個晶片；至少一個瀉流單元，通過蒸發或昇華所述至少一個瀉流單元內的材料，來生成物理氣相，並將所述物理氣相提供至所述沉積室；和兩種或多種元素材料的混合物，將在所述至少一個瀉流單元中被蒸發或昇華。

【0039】 在又進一步的實施例中，本發明提供一種物理氣相沉積系統，包括：沉積室；晶片支撐結構，被配置在所述沉積室內並被配置用來支撐其上的至少一個晶片；和至少兩個瀉流單元，所述兩個瀉流單元相對於所述晶片支撐結構的中心軸被直徑地對置，並與所述晶片支撐結構的支撐面的中心保持距離，所述距離與所述晶片支撐結構的直徑的比率約為0.5和2.0之間，所述至少兩個瀉流單元的各瀉流單元與所述晶片支撐結構的中心軸具橫向距離。

【0040】 在本發明的進一步的實施例中，提供一種製備方法，以及在此所述的沉積系統的操作方法。

【0041】 例如，在一些實施例中，本發明提供一種執行物理氣相沉積過程的方法，包括以下步驟：從至少部分地位於沉積室外部的至少一個瀉流單元中噴射出物質，使其穿過所述沉積室的壁中的孔徑，並朝向所述沉積室中的晶片支撐結構上的至少一個晶片；將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上。

【0042】 在又進一步的實施例中，本發明提供一種執行物理氣相沉積過程的方法，包括以下步驟：從兩個瀉流單元中的每一個，朝沉積室內的晶片支撐結構上的至少一個晶片噴射出物質，所述兩個瀉流單元相對於所述晶片支撐結構的中心軸被直徑地對置，並與所述晶片支撐結構的支撐面的中心保持距離，所述距離與所述晶片支撐結構的直徑的比率約為0.5和2.0之間，所述至少兩個瀉流單元的各瀉流單元與所述晶片支撐結構的中心軸具橫向距離；以及將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上。

【圖式簡單說明】

【0043】 圖1A是示出由瀉流單元提供的通量分布圖表，是針對瀉流單元和基片之間的第一隔開距離，從瀉流單元和基片的中心的徑向距離函數。

【0044】 圖1B是示出由瀉流單元提供的通量分布圖表，是針對瀉流單元和基片之間的第二隔開距離，從瀉流單元和基片的中心的徑向距離函數。

【0045】 圖2A是示出由兩個相對的瀉流單元的組合所提供的組合通量分布圖表，是針對瀉流單元和基片之間的隔開距離，從瀉流單元和基片的中心的徑向距離函數。該圖表還示出當基片旋轉速度基本上比線性生長率快時，單一瀉流單元的通量分布。

【0046】 圖2B是示出兩個相對的瀉流單元的組合所提供的瀉流單元的z軸間距的一組組合通量分布圖表，是針對瀉流單元和基片之間的隔開距離，從瀉流單元和基片的中心的徑向距離函數。該圖表還示出當基片旋轉速度基本上比線性生長率快時，單一瀉流單元的通量分布。

【0047】 圖3是示出示例性直徑300毫米晶片的晶片表面的材料利用率和平均通量圖表，較大（熱源） $1e18$ atoms/ cm^2 -sec 源通量，並具有15-40 cm多樣化的z-源距。

【0048】 圖4是示出圖3中說明的情況下非線性最小平方確定的最佳橫向位置(x)，最佳瀉流單元角度，均勻性（通量標準偏差/平均通量）和（最小通量-最大通量）/平均通量的圖表。

【0049】 圖5是示出均勻性和最佳橫向位置的一組圖表，針對一些晶片尺寸（直徑為100 mm，150 mm，200 mm以及300 mm）和經晶片直徑被標準化的一些垂直源位置，通過非線性最小平方均勻性最小化（最佳）被確定。每個數據點具有最小限度（最佳）均勻性被優化的瀉流單元位置和角度（聚焦在晶片上）。

【0050】 圖6A是示出本發明的沉積系統的一個實施例的視圖，具有與標準矽處理群集工具兼容的晶片上，瀉流單元下的配置。

【0051】 圖6B是示出本發明的沉積系統的一個實施例的視圖，具有與標準分子束外延設備和傳輸系統兼容的晶片下，瀉流單元下的配置。

【0052】 圖6C是示出本發明的沉積系統的一個實施例的視圖，具有與圖6A所示的標準矽處理群集工具兼容的晶片上，瀉流單元下的配置，但一個源被刪除從而使其他細節可見。

【0053】 圖7是示出瀉流單元和原位材料加載鎖定系統的頂部視圖，可用於圖6A-6C的沉積系統。

【0054】 圖8是示出圖7的瀉流單元的簡化示意圖，外殼和一些電氣及管道連接被刪除，來示出根據本發明的瀉流單元的實施例的可採用的進料和輸送系統。

【0055】 圖9A是示出圖7和8的瀉流單元的原位材料加載系統的關閉視圖。

【0056】 圖9B是示出圖9A的原位材料再加載機制的內部構件的簡化示意圖，示出根據本發明的示例性瀉流單元的加熱的浮球閥儲層和電機致動器。

【0057】 圖10是圖6C的沉積系統的局部剖面視圖，示出內部構件。

【0058】 圖11是示出冷卻盤管、冷卻屏蔽和配置在加熱的晶片支撐結構上的半導體晶片的視圖，可用於本發明的沉積系統。

【0059】 圖12A示出配置在可旋轉的加熱的晶片支撐結構上的晶片的頂部視圖，可用於本發明的沉積系統的實施例。

【0060】 圖12B是示出圖12A的可旋轉的加熱的晶片支撐結構上的晶片的底部視圖。

【0061】 圖13A是示出外置的射頻電漿源的頂部視圖，可用於本發明的沉積系統的實施例。

【0062】 圖13B是示出圖13A的外置的射頻電漿源的底部視圖。

【0063】 圖13C是示出圖13A、13B的外置的射頻電漿源的頂部視圖，外殼被去除從而示出內部構件。

【0064】 圖13D是示出圖13A－13C的外置的射頻電漿源的頂部視圖。附加的構件被去除，從而示出內部構件。

【0065】 圖13E是示出容納射頻電漿源的熔罐和氣體輸送管的視圖，可用於本發明的沉積系統的實施例。

【0066】 圖13F是示出容納射頻電漿源的熔罐的熱導限制孔徑和用於固定孔徑的卡環的一部分擴大視圖。

【實施方式】

【0067】 在此所示的附圖不代表任何特定的瀉流單元或半導體基片處理系統的實際視圖，其僅用於描述本公開的實施例的理想化體現。附圖之間相同的元件和特徵以相同的數字符號被示出。

【0068】 本發明的示例性瀉流單元可用於已知的「分子束磊晶」（「MBE」），或者更普遍的是，在一般被稱為「物理氣相沉積」（「PVD」）的薄膜和厚膜的真空沉積中，或是使用封閉的真空室來處理一個或多個基片的任何其他處理系統，或是瀉流單元被用來將蒸發提供至真空室來處理基片。因為在此說明的瀉流單元的實施例的操作壓力範圍可能高於「分子流」所定義的，相對於先前已知的瀉流單元，所述瀉流單元具有更好的靈活性，特別是在較高的蒸發或環境壓力下，因此，瀉流單元可用於除了MBE系統以外的處理系統。

【0069】 與現有的「磊晶式」瀉流單元相比，在此所述的示例性瀉流單元提供的蒸發通量可通過占空比變化和通量的快速脈衝持續時間被調整，且緩慢

地響應經溫度變化產生的通量變化。因此，在本發明的實施例中可使用更厚，更強大的熔罐，不易斷裂。當要求恆定溫度時，熔罐的溫度也可被改變來影響通量的變化，但以較慢的速率，以及較高的熱穩定性。

【0070】 在此所述的瀉流單元在沉積室和過程中具實用性，其中沉積在中等真空、高真空（HV）或超高真空（HV）的壓力範圍下被進行。在一般情況下，沉積系統的主要優點在於高沉積率，優秀的均勻性，較廣的操作壓力範圍，低雜質摻入，和多成分膜的組合物的良好控制性。

【0071】 除了上述理想的特徵，本發明具有減少液滴噴濺的性能，通過原位材料再加載性能以高沉積率提供通量的快速時間響應，該性能用來調整形覆蓋和提供反向氣流以及室和/或晶片的原位電漿清洗，其增加了系統的操作時間（uptime）。此外，在此記載的瀉流單元的實施例利用獨特的「真空外」再加載設計，允許原位再加載而無需將系統暴露於大氣中，從限制系統的運動長度的因素中去除材料再加載。此外，本發明的瀉流單元的實施例，能夠相對快速地調制分子通量（例如，通量中斷機制的激活和失活），甚至在高通量速率下。在此說明的瀉流單元的實施例可減少已知瀉流單元設計所造成的出氣，且甚至通過去除設計中不必要的熱金屬加熱線，可消除有害的氣體源。

【0072】 本發明還包括一種系統，其結合與多個相對的新PVD瀉流單元的一些特定幾何關係，以短於常規的源至基片距離，從而可同時提供高均勻性和高通量，且不會出現常規瀉流單元中較普遍的材料噴濺問題。此外，每個源具有多個噴嘴，可以被定向在晶片的各個部分，並可以快速調制通量，從而提供材料的脈衝，來代替一般的恆定通量。這些脈衝可被定時，與基片旋轉有效地運作，進一步提高均勻性，或可以不通過基片旋轉，而是與多方向性瀉流單元和/或每個源中的多個定向噴嘴相結合，在晶片的不同位置有效地「噴射」通量脈衝，形成複合均勻的沉積剖面。該系統還提供流程改進，以形成更高的耐壓，

將有用的沉積範圍延伸至低真空狀態，提供耐腐蝕性氣體，並具有原位清潔沉積室內部的能力。

【0073】 基於Shiralagi等人的工作模型，J. Vac. Sci. Tech., V9, N65 1991中指出的瀉流單元取向關係，當沉積的最佳角度和基片（例如，晶片）距離 L_{SS} 隨同基片旋轉一起被使用時，單一源可以足夠提供所需的均勻性，通常大於1%，一般以沉積率作為代價。其足夠用於典型的MBE應用，沉積率約小於等於 $1\ \mu\text{m/hr}$ 。然而，當多個元素同時沉積和並以高生長率（大於 $5\ \mu\text{m/hr}$ 的理想屬性）時，單一源配置會導致合金變動，除非達到不切實際的轉速。因此，根據本發明的實施例，可使用圖2A中虛線所示的多個相對的瀉流單元。在圖2A的數值示例中，位於相對於300 mm晶片的中心約 $\pm 22\ \text{cm}$ 橫向（x）和35 cm縱向（z）的兩個單元，可以實現0.41%的均勻性（標準偏差/平均）和1.38%的最大通量偏差，經（最小-最大）/平均被定義。這些顯著的均勻性被實現的原因在於相對的瀉流單元的對稱性，具有與晶片直徑相似的 L_{SS} ，同時具有保持較高的材料通量的性能。如圖2A所示，兩個瀉流單元分別成角度地被安裝，生成不對稱的剖面，其僅通過基片旋轉不能被校正（假設多個瀉流單元生長合金及緩慢旋轉）。通過適當選擇的單元位置和角度，兩個不對稱的剖面相結合，生成對稱平坦的剖面。相對於晶片的單元的垂直位置（Z）如圖2B所示被增加（與最佳的單元位置和角度被保持用於各新的Z位置），相對的瀉流單元的相結合的通量屬性（減少沉積率）在幅度上被減少，但明顯變平，均勻性被改進。

【0074】 圖3示出通量變化以及隨著垂直源與晶片的間距Z增加（在該示例中 $L_{SS}^2=Z^2+X^2$ ）沉積在300 mm晶片上的材料利用效率，且水平源位置的最優值(X)和晶片上的焦點（單元角）由非線性最小平方擬合被確定。通量變化約為 $1/L_{SS}^2$ 。同樣，由於源至基片的距離 L_{SS} 增加，材料利用效率（MUE）減少，越來越多的通量從晶片被沉積。競爭技術MOCVD一般具有約30-35%的MUE。因

第 18 頁，共 42 頁(發明說明書)

此，理想的是至少實現該值，但也可以是例如40%。因此，對於300 mm晶片的目標應用實施例，源至基片的距離 L_{SS} 理想的是35 cm 或以下。以上述 L_{SS} 值，通量從源的值被明顯減少，且由此需要高通量源，特別是被設計用來提供高通量且不會材料噴濺。該源在2016年4月25日提交的主題為「瀉流單元，含有瀉流單元的沉積系統，以及相關的方法」的美國臨時專利申請No. 62/327,323中被說明，其全部內容被納入此處作為參考。本沉積系統，為達到所需的1%均勻性：一個源被發現，以單元素/雙元/多元沉積足以應對至 $2\ \mu\text{m/hr}$ ；兩個直徑相對的瀉流單元被發現，從相對應對的瀉流單元以多元沉積足以應對至 $10\ \mu\text{m/hr}$ ；四個正交排列的瀉流單元，足以應對至 $50\ \mu\text{m/hr}$ 的沉積率，同時保持240 rpm或更低的旋轉速度。根據基片至源的距離 L_{SS} ，可以利用四個或更多相對的瀉流單元而無需旋轉基片，且仍然可保持足夠的均勻性（1%或以上）。

【0075】 雖然沉積系統可以通過材料的連續通量被運作，但使用的瀉流單元主要被用來以脈衝提供最大程度的通量，以達到材料過剩，用來增加表面擴散率。增加的表面擴散率可改進晶體質量，而無需增加溫度，從而實現改進的熱預算。接著，該較低的熱預算促使其他不混溶的合金組合物的純相生長。新的源的脈衝被定時，隨旋轉被異相，從而實現恆定的「塗抹」的沉積材料，而不是每次旋轉在晶片上的相同位置接收相同的脈衝。該脈衝的相位為脈衝源的獨特方面，且無需要連續的源應用。

【0076】 圖4示出優化的源位置和角度（其決定晶片上的重點）的建模結果，如圖3所示，由於垂直源與基片的間距 Z 多樣化來用於相對的兩個瀉流單元，從而在300毫米晶片上實現最佳的均勻性。通過非線性最小平方算法，合計穿過晶片的通量，並計算標準差、平均通量、均勻性、最大和最小通量以及MUE，最佳的橫向位置 X ，和源的角度被確定用於各垂直源至晶片位置（水平軸）。平均通量被發現為 $1/L^{1.93}$ ，非常接近預期的 $1/L^2$ 關係。該優化設計的源位置數據被

用來生成圖3。為了達到1%的均勻性和約1% 最小-最大/最小值 (Min-Max/Min) 的基準性能指標，300 mm的晶片需要至少35 cm的垂直位置。鑒於上述的MUE限制，其將垂直位置限制為40 cm以下，300 mm晶片的最佳垂直間距，其中均勻性的主要標準是高通量、且MUE大於40%為次要限制，結果為約22 cm的橫向位置和晶片中心附近的焦點。相似的限制可被施加至其他晶片/盤片直徑實現相似的幾何形狀。具體地，如圖5所示，當使用相對的源配置時的100 mm、150 mm、200 mm和300 mm直徑的晶片/盤片，均勻性限制為超過1%，晶片直徑與最佳橫向源位置 (X) 的比值約為60%，來用於所有晶片尺寸。由此將MUE設置為約49%。同樣，當使用更強制限制時，約1%最小-最大/最小值，且晶片直徑與最佳橫向源位置的比值約為75%，來用於所有晶片尺寸。由此將MUE設置為約39%。對於上述各結果，使源至基片的距離 L_{ss} 約等於或稍大於晶片直徑。因此，在本發明的實施例中，源至基片距離 L_{ss} 與晶片直徑的比值可約為0.5-2.0，約0.75-1.50，或約0.85-1.25。

【0077】 現將本發明的尺寸與現有PVD系統相比較，示出差異性，Veeco Gen II商業銷售的MBE，晶片直徑為3英吋(7.62 cm)，源至基片的距離為7.185英吋(18.25 cm)或源與基片距離與晶片直徑的比值約為2.4。這些細長的尺寸普遍用於現有的MBE系統，從而單一源，非對稱設計可以滿足以沉積率作為代價（通量）的均勻性要求。應注意，當單一源被用於如圖3，4和5定義的相同的幾何形狀，雖然從中心位置的源的最佳角度（晶片上的焦點）略有不同，只要與旋轉的角速度相關的生長速度足夠低，可以獲得相似的均勻性結果。

【0078】 高沉積率PVD源的一個重要方面在於，源不會「噴濺」金屬簇至源外。在任何薄膜沉積系統中，特別是在MBE中，上沉積率經瀉流單元的噴濺被限制。噴濺可由加熱的熔體中的對流生成（有時錯誤地稱為「沸騰」），隨溫度升高增加，導致液體的液滴釋放至基片，並導致從金屬液滴到乾化學反應

的液滴合金的缺陷，由於該缺陷的幾何特徵，在一些應用中經常被稱為「橢圓缺陷」。當一些蒸發凝結在熔罐壁上並聚集時，在較低溫度下也會發生源噴濺。由於熔體之上的熔罐壁沒有熔體本身熱，促使壁上液滴冷凝，因此當使用類似PBN的透明材料時所述聚集被加重。這些冷凝的液滴回落到熔體「噴濺」液體至單元外。上述機制中的任何一個或本技術領域已知的其他相似機制可能會導致源噴濺，導致沉積的膜產生缺陷。在中等速度沉積中，通過加熱孔來減少噴濺缺陷，或熔罐的唇狀邊緣被設計「熱唇」，來防止材料冷凝或使用凹狀的熔罐。但這些設計熱吸收效率低，且與熔融區相比溫度差有限，與標準的開口單元設計相比，僅提供適度減少的噴濺。

【0079】 「運動長度」是在系統被打開用於維護，通常材料再加載之前，MBE或PVD系統可用於生長的時間。幾乎所有的現有瀉流單元利用單一的開口設計，其中材料通過加載材料的相同開口被蒸發。因此需要將瀉流單元從系統中取出以重新填充材料。在要求高純度的工程中，如半導體材料的沉積，在約100兆半導體原子中有一個雜質便被視為「不純」，其破壞真空且隨後系統經水蒸氣、一氧化碳、氧氣、二氧化碳和其他大氣中發現的污染氣體被污染，導致昂貴和費時的「後期維護清理」週期。通常，整個系統在高達250 °C的高溫下烘烤幾天，將雜質排出至各種泵中。其被認為是MBE過程中的主要產業限制之一，是許多製造商選擇競爭技術來代替MBE的主要原因。雖然一些挑選的瀉流源中不通過蒸發材料的相同開口來加載材料，但該設計破壞真空，仍需要加載材料，導致運動長度同樣被限制。

【0080】 PVD方法要求快速的通量調制，包括薄的交替組成的多層生長，被稱為超晶格，或是提供金屬頻繁脈衝，來增加金屬調制磊晶（MME）過程中出現的表面遷移，例如，題為「用於生長非相位分離的三族氮化物半導體合金的系統和方法」的美國專利號No. 9,142,413中公開的。因此，當要求快速脈衝調

制的通量生長時，現有瀉流單元中，無論是外部安裝的「葉片式」快門或內部安裝的「柱塞式」閥，不能提供所需的驅動速度。隨著沉積率增加，快門/閥系統的時間限制被加劇。例如，MME的情況下，快門驅動每兩秒的生長率可約為1-2 μm /小時，但是如果生長率提高至約10-50 μm /小時，頻率也將增加至每0.1-0.2秒。在此需要高生長率。

【0081】 圖6A和6B分別示出本發明的物理氣相沉積系統(10A)，(10B)，各種示例性實施例。各沉積系統(10A)，(10B)包括真空沉積室(100)，其可以是便於應用的任何形狀或大小。如圖6A和6B所示為圓形的沉積室(100)，但與各種標準的半導體加工設備集成「集束裝備」或與前開式晶圓盒（Front Opening Unified Pod, FOUP）或類似設備集合，可以採用具有至少一個平面的多邊形。

【0082】 沉積室(100)可以由不銹鋼、鋁或通常用於真空系統的材料構成。不銹鋼是最常用的材料，但類似鋁的材料，不容易與射頻電磁能耦合並容易導熱，但其內表面可被適當地處理來形成氧化鋁薄膜，氮化鋁薄膜或其他「鈍化」的表面層在本領域中為已知技術，用來減少不良脫氣。

【0083】 沉積系統(10A)，(10B)可包括一個或更多的瀉流單元((200)。瀉流單元(200)可以至少部分地配置在沉積室(100)之外，並且可以與沉積室(100)的壁耦合。瀉流單元(200)被配置為通過蒸發或昇華瀉流單元(200)中的材料來生成物理氣相，並通過沉積室(100)的壁中的孔徑將物理氣相注入至沉積室(100)中。

【0084】 在此所述的瀉流單元(200)能夠以不同的配置安裝至沉積室(100)（輸送軸可相對於垂直方向為0至180度）。圖6A示出沉積系統(10A)具有八個（只有五個在圖6A透視可見）面向下的瀉流單元(200a), (200b), (200c)... (200e)。該向下配置特別有利於與標準的半導體加工設備相連接，其中，晶片面向上處理。使用該向下配置，沉積系統(10A)可與多種標準的半導體設備相連接，包括各種

標準化的晶片處理裝置，集束裝備和前開式晶圓盒（FOUP）。由此，沉積系統(10A)可以集成到一系列的自動化流程，提高其整體效用以及拓展其應用。

【0085】 圖6B示出本發明的沉積系統(10B)的另一實施例，其中包括十二個（其中九個在圖6B中透視可見）瀉流單元(200a)-(200l)。瀉流單元(200a)-(200l)面向上，從而處理面向下的晶片，其在MBE應用中較普遍。沉積系統(10B)的所有部件相對於圖6A的沉積系統(10A)被翻轉180度，且在此不作詳細描述。然而，顯然，在此所述的倒置的各部件較容易被實現來作為另一個實施例。

【0086】 通過增加基片至瀉流源的距離 L_{ss} ，可在沉積系統(10A)，(10B)中使用更多的瀉流單元，其可獲得更高的均勻性，但是降低了通量。

【0087】 圖6C示出圖6A的相同沉積系統(10A)，但除了一個瀉流單元其他被移除，由此可以觀察到沉積系統(10A)的細節。

【0088】 圖6A-6C的沉積系統(10A)，(10B)可包括：選擇性的診斷工具接入埠(600)；晶片傳輸埠(700)和相關的閥，可被安裝在標準晶片傳輸系統（自動和手動）中；一個或多個冷卻盤管(800)，被設計用來吸收施加於系統上的額外熱負荷；和真空泵(900)，在沉積室(100)內提供真空條件，可使用本領域中已知的泵類型，且可根據沉積過程條件和參數，採用特定的類型。

【0089】 圖6C進一步示出瀉流單元(200)的原位材料再加載系統(300)，以及真空埠(400)，其中瀉流單元(200)被安裝至沉積室(100)。圖6C還示出用於膜處理以及晶片和系統清洗的電漿源(500)。真空源埠(400)的位置可根據上述標準被配置，但一般根據圖5中示出的關係，為了1%或更好的均勻性，可與晶片支撐結構具一定的距離，該距離大於或等於晶片支撐結構的直徑，並朝向晶片支撐結構的中心（或任選的晶片支撐結構的半徑的中點時，快速旋轉採用）。此外，當生長類似元素材料的簡單化合物或簡單的二元化合物，或是依據隨後說明的拉午耳或亨利定律的成分來生長化合物時，優選是使用多個相對的瀉流單元

(200)。在這種情況下，即使沒有基片旋轉，多個相對的瀉流單元(200)可以滿足晶片均勻性標準。具有電漿清洗晶片的性能以及沉積室(100)防止微粒和汙染被引入晶片的性能。此外，由電漿源(500)形成的電漿可用來激活氣體進行處理，例如通常在沉積氮化物膜或氧化物膜時被使用。

【0090】 圖6C、7和8進一步示出瀉流單元(200)，可與在此所述的沉積系統(10A)，(10B)一起使用。雖然特定實施例是面向下的瀉流單元(200)，用於向上的晶片，但上述的美國臨時專利申請No. 62/327,323中說明了面向上的瀉流單元的實施例。

【0091】 首先參照圖8，瀉流單元(200)包括熔罐(208)，配置用來容納瀉流單元(200)中將被蒸發或昇華的材料，以及輸送管(207)，配置用來將熔罐(208)中蒸發或昇華的材料輸送至瀉流單元(200)外並進入至沉積室(100)。瀉流單元(200)還包括與熔罐(208)耦合的供給管(209)，用來從瀉流單元(200)的外部將附加材料提供至熔罐(208)。瀉流單元(200)包括原位材料再加載系統(300)，其操作為「加載鎖定裝置」，並且包括接入埠(301)和真空泵(302)。加載鎖定裝置(300)與供給管(209)耦合，真空閘閥(305)被設置在加載鎖定裝置(300)和供給管(209)之間。

【0092】 參照圖7和8，瀉流單元(200)具有外部真空密封殼體(201)和隔離閥(202)，以便在維護、清洗（原位和維護）期間，使瀉流單元(200)與沉積室(100)隔離。瀉流單元(200)進一步包括至少一個射頻（RF）加熱元件(212)，為感應線圈的形式，被配置用來加熱熔罐(208)中所包含的材料，從而引起熔罐(208)中材料的蒸發或昇華，使蒸發或昇華的材料流動穿過輸送管(207)並至瀉流單元(200)外部。瀉流單元(200)可以進一步包括另一個射頻加熱元件(211)，以感應線圈的形式，被配置用來加熱輸送管(207)（以及從中流過的材料）。獨立的射頻饋通(203a)和(203b)被配置用來將電激發提供至熔罐和輸送管感應線圈加熱元件(211)，(212)。雖然這兩個加熱區可通過電阻絲加熱元件被加熱，高頻感應加熱

元件的使用減少了汙染，提高了系統的操作壓力範圍（電阻絲在高壓下可燒盡），如美國的臨時專利申請No. 62/327,323中說明的，可用來提供使用線圈設計的隔熱罩。但在一些實施例中，瀉流單元(200)可以不包括任何電阻加熱元件。

【0093】 參照圖7和8，還配置了附加的氣體饋通(204)，從而使「氣簾」圍繞現有的源材料從輸送管(207)流出。該氣簾可以是惰性氣體，用來調整碰撞之間的平均自由徑（通過調整蒸發流中的局部壓力）並由此，調整蒸發通量的保形覆蓋（conformal coverage）。除了蒸發壓力外，該氣簾提供了附加機制，來增加或減少所需的階梯覆蓋。通常情況下，蒸發的PVD束沉積在軌跡線中，導致較差的階梯覆蓋。本發明的實施例可以通過使用與高壓氣體相關的隨機蒸發輸送軌跡來提高階梯覆蓋。經在此所述的沉積系統(10A),(10B)的瀉流單元(200)，高壓被實現，相較現有的瀉流源可操作更高的溫度，隨著附加的靈活的局部壓力控制的氣簾從而產生高壓蒸發「束」。瀉流單元(200)還包括標準壓力感測器和電子饋通(205)以及動力源閥控制(206)。

【0094】 瀉流單元(200)基本上作為單向流控制器，通過熱隔離器213從原位材料再加載組件(300)被加載，通過內部具擋板的供給管(209)進入至加熱的熔罐(208)。然後熔罐(208)中加熱的物質被蒸發或昇華進入輸送管(207)，且內部旋轉的高速閥和噴嘴(如美國臨時專利申請No. 62/327,323中說明的)通過閥軸(210)和電機(206)被驅動，來調制蒸發或昇華的材料從輸送管(207)向外的流動。蒸發材料的單向流動通過溫度梯度被完成。特別是，供給管(209)足夠冷，從而在供給管(209)中凝結蒸發或昇華的材料，使其液化流回至熔罐(208)。由於輸送管(207)是瀉流單元(200)所有部分中最熱的（基本上比之前已知的瀉流單元更熱），輸送管(207)中不會出現冷凝，從而即使在高通量下，輸送的通量不會出現「噴濺」。

【0095】 圖6C、7、8、9A和9B示出瀉流單元(200)的原位材料再加載系統(300)的各種細節。原位材料再加載系統(300)包括單獨的真空密封殼體(310)，其通過真空泵(302)被抽空，並通過真空閘閥(305)從供給管(209)中被隔開。再加載的材料（瀉流單元(200)中被蒸發或昇華的附加材料）通過接入埠(301)被引入至瀉流單元(200)並放置在熔罐(306)（圖9B），其可以通過加熱元件(309)被加熱。熔罐(306)具有「浮球」式的閥，一體成形於熔罐錐形的主體中。該閥體（熔罐(306)的部分）具有經電機(304)驅動的旋轉柄(308)，當引入的材料通過加熱元件(309)被熔化時，90度旋轉的旋轉柄(308)在浮球閥中打開一個孔洞，通過打開的真空閘閥(305)和熱隔離器(213)使熔融的材料被排入至供給管(209)。熔融的材料流動穿過具擋板的供給管(209)進入至瀉流單元(200)的熔罐(208)（見圖8）中。

【0096】 因此，在此所述的瀉流單元的實施例中，經瀉流單元(200)將被蒸發或昇華的附加材料，可被引入至原位材料再加載系統(300)，其中可生成真空，從而利用加熱元件(309)施加熱，使材料充分脫氣，然後被引入至瀉流單元(200)的熔罐(208)中，且熔罐(208)無需暴露於外部環境。瀉流單元(200)被配置為，無需將瀉流單元(200)從沉積室(100)中去除，瀉流單元(200)便可填入將被蒸發或昇華的材料，並無需中斷由沉積系統(10A)、(10B)執行的沉積過程。熔罐(208)可填入將被蒸發或昇華的附加材料而不中斷瀉流單元(200)中材料的蒸發或昇華和不釋放沉積室(100)內的真空。在運動長度方面，相比之前已知的瀉流單元，提供了巨大的優勢，消除了MBE系統中較普遍的昂貴的週期維護。在一些實施例中，真空泵(302)可被選擇性地用於瀉流單元(200)的差壓抽氣。

【0097】 使用原位材料再加載系統(300)繼續將材料重新提供給熔罐(208)的性能允許新的操作模式。具體地，當合金或複合材料將被沉積時，加載至瀉流單元的熔罐(208)中的材料不需要是純的。例如，需要鎵和鋁的合金或複合物時，兩種材料可以加載在同一瀉流單元中並作為Raoultian混合物同時被蒸發，其

中，溫度 T 下成分「A」（如鋁）和「B」（如鎵）溶液中的成分「A」的蒸汽壓（如鋁），等於溫度 T 下溶液中「A」（如鋁）的莫耳分率和純成分「A」（例如，鋁）的蒸汽壓，假設「A」與「B」的鍵結強度，即「A-B」，與「A-A」和「B-B」的鍵結強度相差不大，或是與「A-A」和「B-B」的平均值大致相同。這些條件往往滿足週期表中單列元素（例如，包括第三列的鎵、鋁和銻）。在這些條件下，溶液的蒸氣壓是兩個蒸氣壓的加權（經莫耳分率）的線性組合，且符合拉午耳定律。上述假設中的較小偏差會自然導致一個成分比另一成分蒸發得更快。這種條件在亨利定律中被說明，指出蒸汽壓將與「A」和「B」溶液中溶質的莫耳分率成比例，事實上，實際的蒸汽壓在拉午耳和亨利定律預測的蒸汽壓之間，可隨著一個成分優先地蒸發而波動。該波動，在相同的化學系列中的元素（即，相同的列或價）往往是最小的。該蒸汽壓波動通常阻止瀉流單元中溶液的使用，但被常規地彌補用於晶體生長，其中一個成分可能會以更高的速度從熔體溶液中蒸發或摻雜物被優先與液體隔離，除非彌補否則在生長的晶體中導致摻雜梯度。相比另一個，通過不斷增加少量的一個成分，熔體組合物可被預測及準確地彌補來用於該較小的變化，從而材料再加載裝系統(300)可提供Raoultian混合物模式的合金蒸發。

【0098】 因此，在一些實施例中，配置在瀉流單元(200)的熔罐(208)中的將被蒸發或昇華的材料可包含兩個或兩個以上元素材料的混合物。瀉流單元(200)中的兩種或多種元素材料的混合物可以具有預定的元素組合。兩種或多種元素材料可由週期表的共群中的兩種或多種元素組成。

【0099】 沉積室(100)還可包含各種感測器，如溫度感測器，壓力感測器等，並可選擇性地包括附加的泵或進程訊問埠，以便監測各種進程參數。

【0100】 圖10示出類似於圖6C所示的沉積系統的一個實施例的部分剖面示意圖，示出晶片傳輸埠(700)，以及冷卻盤管(800)和附加的隔熱罩(801)。冷卻

盤管(800)和附加的隔熱罩(801)進一步在圖11中被詳細示出。典型的PVD系統，以及特別是MBE系統，使用加工的液態氦或水/冷卻液冷卻的「低溫板」，覆蓋大部分的內表面。低溫板為具有內部和外部金屬壁或表面的裝置，包括填充有冷卻液的中空室，如液氦、水或其他冷卻劑。該低溫板可提供顯著的排熱，去除經凝結的熱氣體被引入的熱。此外還提供經雜質氣體凝結的顯著的泵送性能，但僅為製造MBE沉積室(100)成本的1/3。本發明的沉積系統通過簡單且定價較低的解決方案來替代昂貴的低溫泵方法，泵性能可超越傳統低溫板設計的三倍。

【0101】 因此，在此所述的沉積系統(10A)，(10B)中，可以使用簡單的冷卻盤管(800)，且沉積系統(10A)，(10B)可以不包括傳統的低溫板。冷卻盤管(800)被設置在沉積室(100)內，且冷卻管(800)圍繞並包圍位於晶片支撐結構(1000)和瀉流單元(200)之間的沉積室(100)內的體積空間。如以下表1中示出的，在設定的幾何狀態下，與比較的同尺寸低溫板相比，冷卻盤管(800)具有更大的表面積（約2.8倍），具更高的泵送速度。

表 1

	低溫板	冷卻盤管	比值
直徑	34 吋	34 吋	
高度	24 吋	24 吋	
厚度	1 吋	1 吋	
表面積	2,468 平方吋	7,816 平方吋	2.82
冷卻劑體積	2,488 平方吋	1,479 平方吋	0.59

此外，由於冷卻盤管(800)的內部體積約1.7倍小於比較的低溫板，因此與傳統的低溫板相比，其使用約小1.7倍的冷卻劑。考慮到傳統低溫板的複雜的機械加工和焊接，冷卻盤管(800)的成本僅為幾百美元，而典型的研究MBE反應器低溫板的成本範圍約為五萬至十萬美元。

【0102】 傳統的III-V半導體材料生長器通常採用液氮（LN2）作為冷卻劑，冷卻盤管(800)還可在不要求液氮時，允許使用水，冷卻液或製冷劑（如氯氟碳化合物）穿過冷卻盤管(800)。例如，當生長氧化物，金屬或其他相對不純的薄膜，或薄膜以高速率生長且本底雜質結合被最小化，或最初生長的材料將不會用於裝置時，不使用液氮作為冷卻劑。該靈活性可顯著地降低操作成本。因此，沉積系統(10A)、(10B)可包括冷卻液源，和泵，用來泵送冷卻液穿過冷卻盤管(800)。冷卻液源可包括：例如液氮，水，或氯氟碳化合物。

【0103】 由於一些蒸發在一些應用中可能被腐蝕，從而破壞冷卻盤管(800)導致冷卻液洩漏，因此可選擇性地包括隔熱罩(801)，與冷卻盤管(800)熱接觸，從明顯的蒸發沉積中保護冷卻盤管(800)。例如，隔熱罩(801)可以是圓柱形的，可配置在由冷卻盤管(800)包圍的體積空間內。

【0104】 為了促使晶片轉移，必須通過展開一個線圈在冷卻盤管(800)中生成間隙(803)，且使用選擇性的隔熱罩(801)時，須在隔熱罩(801)中生成相應的間隙(804)。最後為了冷卻液回流的目的，該低溫線圈可螺旋向外（和如區域(805)中選擇性的隔熱罩可向外偏轉，從而使冷卻液回流管(806)的直線部分橫越冷卻盤管(800)和選擇性的隔熱罩(801)外部。冷卻盤管(800)和選擇性的隔熱罩(801)圍繞被加熱的晶片支撐結構(1000)和被支撐在其上的晶片(1001)，從而吸收來自這些組件的大部分輻射熱量。

【0105】 圖12A和12B示出晶片支撐結構(1000)，可配置在沉積系統(10A)、(10B)的沉積室(100)中，並被配置用來將至少一個晶片(1001)支撐在其上。晶片支撐結構(1000)可被加熱，並且可被配置為在沉積過程中旋轉被支撐在其上的一個或多個晶片(1001)。雖然在圖12A和12B的實施例中僅示出一個晶片(1001)，但在其他實施例中，晶片支撐結構(1000)可被尺寸化，來支撐其上的多個晶片(1001)。

【0106】 晶片(1001)可以通過晶片傳輸埠(700)從沉積室100被轉移和流出（見圖4）。晶片支撐結構(1000)可以包括基座(1002)，以垂直於基座(1002)的晶片支撐面的方向被升高和降低。基座(1002)可通過桿(1004)被牢固地安裝至旋轉盤(1003)。桿(1004)可以包括表現出相對低導熱係數的材料，如陶瓷材料、鈦、難熔金屬合金等。然後旋轉盤(1003)被連接到垂直驅動套筒(1005)。基座(1002)的升高和降低可用來接受被傳輸的晶片，所述晶片的傳輸是通過本領域已知的任意數量的線性真空饋通驅動器手段升高及降低垂直驅動套筒(1005)被完成。晶片支撐結構(1000)的旋轉（包括基座(1002)，盤(1003)，桿(1004)，和垂直驅動套筒(1005)被固定在一起）由單獨的旋轉套筒(1006)被完成，當晶片支撐結構(1000)位於沉積室(100)內的較低位置時，通過花鍵聯接（spline connection）（圖12中未顯示）與垂直驅動套筒(1005)被接合。因此，晶片支撐結構(1000)可自由地升高並降低，從傳輸系統中接收晶片(1001)，並在與旋轉套筒(1006)連接時使晶片(1001)降低到固定的加熱元件附近以提供旋轉運動。同樣，旋轉運動通過本領域已知的任意數量的線性真空饋通驅動器手段與旋轉套筒(1006)耦合。加熱元件(1007)可以是射頻感應線圈、標準電阻加熱燈絲、氣體屏蔽的電阻加熱燈絲（其中氣體流保護燈絲免受氧化或腐蝕）或嵌入在陶瓷保護層中的電阻絲。

【0107】 在此所述的沉積系統(10A)、(10B)的實施例中，晶片支撐結構(1000)和一個或多個瀉流單元(200)可相對於之前說明的圖2A、2B、3和4中的另一個被定位和取向。

【0108】 在一些應用中，可能需要在沉積系統(10A)、(10B)的沉積室(100)中提供活性氣體。該活性氣體可以包括從電漿源輸送至沉積室(100)的電漿。而採用電漿的大多數PVD系統使用「直接電漿」，該電漿氣體原子具有高動能，「直接」轟擊沉積基片（例如，晶片），其可能不利於一些半導體薄膜，由於轟擊會引入晶格損壞半導體晶體，大大降低設備的性能。因此，可能需要將高

動能電漿從半導體晶片中隔離出來。在本發明的實施例中，這種「電漿隔離」可能會在兩個方面進行：1) 電漿可能被包含在高壓的熔罐中，其中通過能量的統計隨機化和熱化頻繁的氣體碰撞使平均動能降低；和/或2) 由於在此所述的沉積系統(10A)、(10B)與之前的蒸發PVD系統相比能夠在高壓下操作，因此隔離的電漿至基片的路徑允許足夠的氣體相碰撞，來降低電漿氣體原子的平均動能。

【0109】 圖13A，13B示出可用於在此所述的沉積系統(10A)、(10B)的電漿源(500)的示例性實施例。電漿源(500)結合了電漿輔助化學氣相沉積中常見的外部線圈設計和具熱導限制的電漿蝕刻系統，以及MBE系統中常見的氣體定向控制的孔板。外線圈設計通常為開放式設計，允許最大的離子逃脫和較高的氣體吞吐量。相反，電漿分子束磊晶系統使用被插入至沉積室(100)（內部設計）的線圈，並利用熱導限制的孔板，在遠程熔罐中生成足夠支持電漿的壓力。

【0110】 圖13C示出電漿源(500)且外蓋被去除，從而露出射頻線圈(503)和介質界面管(505)（更清楚地看到在圖13D中射頻線圈被去除）。圖13E示出內部的電漿熔罐(507)由介質界面管(505)包圍，且電漿線圈(503)包圍介質界面管(505)。電漿源(500)包括供給射頻饋通(501a)和返回射頻饋通(501b)，其與外部安裝的射頻線圈(503)的相對端耦合。電漿熔罐507的一端（圖13E中的狹窄管道(507b)）被密封貼於真空固定法蘭(504b)（圖13C）。電漿源(500)包括氣體饋通入口(502)，其被密封貼於真空法蘭(506)（圖13C）並提供至內部的電漿熔罐507（見圖13E），以下將進一步詳細說明。由射頻線圈(503)產生的射頻能量通過介質界面管(505)（圖13D）被傳輸，且電漿熔罐(507)（圖13E）向送入電漿熔罐(507)的氣體原子提供能量，從而在電漿熔罐(507)中產生電漿氣體。

【0111】 由於在此說明的沉積系統(10A)、(10B)可使純度較高的半導體材料沉積，圖13E中示出的內部的電漿熔罐(507)使電漿與周圍的金屬和可能經高能電漿被濺射的其他污染源隔離。同樣地，內部的電漿熔罐(507)可由高純度陶瓷

材料構成，並且可以與所選擇的應用兼容。在為第三族氮化物半導體的情況下，電漿熔罐(507)可以由熱解氮化硼(PBN)構成或是可選擇氮化鋁(AlN)。例如，電漿熔罐(507)可由石英或氧化鋁構成，用於沉積氧化物物質。

【0112】 繼續參照圖13E，氣體饋通入口(502)密封地與電漿熔罐(507)的狹窄管道(507b)連接。該狹窄管道(507b)不僅將氣體通過擴張錐(507a)輸送至圓柱形的熔罐(507)，狹窄管道(507b)還可防止電漿回流到至可能被濺射污染的氣體饋通入口(502)的金屬管。

【0113】 高速度和壓力的氣體流經狹窄管道(507b)時不能支持電漿體，由此壓制了電漿體的回流。通過由穿孔的孔板(508)生成的氣體熱導限制，足夠的回壓可支持電漿在電漿熔罐內部被生成，孔板可被牢固地夾緊，通過任何數量的連接機制與電漿熔罐(507)緊密接觸，包括使用卡環(509)，被插入到形成在電漿熔罐(507)的壁內表面的凹槽(510)中，但並不侷限於此。

【0114】 根據上述方程式1-10，孔板(508)的氣體熱導被計算，以獲得最大可持續的電漿壓力（通常為50 mTorr至500 mTorr），用於系統所需的氣流，同時盡量保持較小的孔直徑，通過固體氣體碰撞，促使離子在退出孔板時複合。由於孔的孔洞大小被設定為與實際達到的一樣小（例如示例a #80 鑽孔大小或更小），孔板(508)的熱導可以通過鑽的孔洞數量被控制，範圍約為200至20000，用於小的晶片研究系統至大的300 mm生產系統。此外，每個孔洞可被展開從而引導電漿均勻地分布於晶片。

【0115】 電漿源(500)的合併優選是引入用於沉積系統(10A)、(10B)的電漿清洗程序，使用本領域已知的任意數量的反應蝕刻氣體（根據應用適當的清潔氣體）來用於沉積室(100)或晶片(1001)的一般清潔處理。通過簡單地將沉積氣體轉換至清潔氣體，可使用電漿將沉積室(100)維持在原始的清潔狀態，停機時間被減少。

【0116】 此外，已知的，在較長的操行期間，由於熔罐壁和孔板的電漿體轟擊，各種電漿熔罐隨著時間的推移侵蝕。該侵蝕往往留下殘渣（粉末），被困在熔罐中（由於有限的孔尺寸），增加了電漿熔罐內部的有效固體表面積，從而增加了離子電子複合，其會降低電漿密度並降低沉積率。在本發明的實施例中，提供一種工具來逆轉氣流，將來自瀉流單元(200)的氣體引導到電漿，並通過與電漿源氣體供給並聯連接的廢氣閥排出。以該方式，常規氣體反轉循環可以有效防止熔罐內侵蝕殘留物的積聚，防止工程汙染，消除沉積率退化。

【0117】 以下說明本發明的其他非限制的示例性實施例。

【0118】 實施例1：一種物理氣相沉積系統包括：沉積室；晶片支撐結構，被配置在所述沉積室內，並被配置用來支撐其上的至少一個晶片；和至少一個瀉流單元，至少部分地位於所述沉積室的外部，並與所述沉積室的壁耦合，所述瀉流單元被配置用來通過蒸發或昇華所述至少一個瀉流單元中的材料產生物理氣相，並通過所述沉積室的所述壁中的孔徑將所述物理氣相注入到所述沉積室中，且其中，所述至少一個瀉流單元的特徵在於，所述瀉流單元填入將被蒸發或昇華的所述材料，且無需將所述至少一個瀉流單元從所述沉積室中移除，以及無需中斷經所述沉積系統執行的沉積過程。

【0119】 實施例2：實施例1的物理氣相沉積系統，其中，所述至少一個瀉流單元包括：至少一個熔罐，被配置用來容納所述瀉流單元中將被蒸發或昇華的所述材料；和輸送管，被配置用來將來源於所述熔罐的蒸發或昇華的材料從所述瀉流單元傳遞至所述沉積室中。

【0120】 實施例3：實施例2的物理氣相沉積系統，其中，所述至少一個瀉流單元進一步包括：至少一個射頻RF加熱元件，位於所述熔罐中並被配置用來加熱包含在其中的材料，從而使所述熔罐中的所述材料蒸發或昇華，且所述蒸發或昇華的材料流動穿過所述輸送管並至所述瀉流單元的外部。

【0121】 實施例4：實施例2或3中的物理氣相沉積系統，其中，所述瀉流單元不包括任何電阻加熱元件。

【0122】 實施例5：實施例2-4中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述至少一個瀉流單元進一步包括：與所述熔罐耦合的供給管，用來從所述瀉流單元的外部將附加材料提供至所述熔罐；加載鎖定裝置，含有接入埠和真空泵，所述加載鎖定裝置與所述供給管耦合；和閥，位於所述加載鎖定裝置和所述供給管之間。

【0123】 實施例6：實施例2-5中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述瀉流單元的特徵在於，所述瀉流單元填入將被蒸發或昇華的附加材料，且無需中斷所述至少一個瀉流單元中的材料的沉積或昇華，以及無需釋放所述沉積室中的真空。

【0124】 實施例7：實施例2-6中任何一個的物理氣相沉積系統，進一步包括：所述熔罐內將被蒸發或昇華的材料，其中，所述將被蒸發或昇華的材料包括：具有預定的化學計量比的兩種或多種元素。

【0125】 實施例8：一種物理氣相沉積系統，包括：沉積室；晶片支撐結構，被配置在所述沉積室內，並被配置用來支撐其上的至少一個晶片；和至少一個瀉流單元，被配置用來通過蒸發或昇華所述至少一個瀉流單元中的材料產生物理氣相，並將所述物理氣相提供至所述沉積室中，和冷卻盤管，被配置在所述沉積室中，所述冷卻盤管圍繞和包圍所述晶片支撐結構和所述至少一個瀉流單元之間的所述沉積室內的體積空間。

【0126】 實施例9：實施例8的物理氣相沉積系統，其中，進一步包括冷卻液源，以及泵，被配置用來通過所述冷卻盤管泵送所述冷卻液。

【0127】 實施例10：實施例9的物理氣相沉積系統，其中，所述冷卻液源包括液態氮、水、或氯氟烴的源。

【0128】 實施例11：實施例8-10中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述物理氣相沉積系統不包括低溫板。

【0129】 實施例12：實施例8-11中任何一個的物理氣相沉積系統，進一步包括：圓柱形隔熱罩，被配置在由所述冷卻盤管包圍的所述體積空間內。

【0130】 實施例13：一種物理氣相沉積系統，包括：沉積室；晶片支撐結構，被配置在所述沉積室內，並被配置用來支撐其上的至少一個晶片；至少一個瀉流單元，通過蒸發或昇華 所述至少一個瀉流單元內的材料，來生成物理氣相，並將所述物理氣相提供至所述沉積室；和兩種或多種元素材料的混合物，將在所述至少一個瀉流單元中被蒸發或昇華。

【0131】 實施例14：實施例13的物理氣相沉積系統，其中,所述至少一個瀉流單元中的所述兩種或多種元素材料的混合物具有預定的元素組成。

【0132】 實施例15：實施例13或14中的物理氣相沉積系統，其中，所述兩種或多種元素材料由週期表的共群中的兩種或多種元素組成。

【0133】 實施例16：實施例13-15中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述兩種或多種元素材料包含週期表中的第三族的兩種或多種元素。

【0134】 實施例17：實施例13-16中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述至少一個瀉流單元，至少部分地位於所述沉積室的外部。

【0135】 實施例18：實施例13-17中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述至少一個瀉流單元包括：至少一個熔罐，被配置用來容納所述瀉流單元中將被蒸發或昇華的所述材料；和輸送管，被配置用來將來源於所述熔罐的蒸發或昇華的材料從所述瀉流單元傳遞至所述沉積室中。

【0136】 實施例19：實施例18的物理氣相沉積系統，其中，所述至少一個瀉流單元進一步包括:至少一個射頻RF加熱元件，位於所述熔罐中並被配置用來

加熱包含在其中的材料，從而使所述熔罐中的所述材料蒸發或昇華，且所述蒸發或昇華的材料流動穿過所述輸送管並至所述瀉流單元的外部。

【0137】 實施例20：實施例18或19中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述瀉流單元不包括任何電阻加熱元件。

【0138】 實施例21：實施例18-20中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述至少一個瀉流單元的特徵在於，所述熔罐可填入將被蒸發或昇華的所述材料，且無需將所述至少一個瀉流單元從所述沉積室中移除。

【0139】 實施例22：實施例18-21中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述瀉流單元的特徵在於，所述瀉流單元填入將被蒸發或昇華的附加材料，且無需中斷所述至少一個瀉流單元中的材料的沉積或昇華，以及無需釋放所述沉積室中的真空。

【0140】 實施例23：一種物理氣相沉積系統，包括：沉積室；晶片支撐結構，被配置在所述沉積室內並被配置用來支撐其上的至少一個基片；和至少兩個瀉流單元，所述兩個瀉流單元相對於所述晶片支撐結構的中心軸被直徑地對置，並與所述晶片支撐結構的支撐面的中心保持距離，所述距離與所述晶片支撐結構的直徑的比率約為0.5和2.0之間，所述至少兩個瀉流單元的各瀉流單元與所述晶片支撐結構的中心軸具橫向距離。

【0141】 實施例24：實施例23的物理氣相沉積系統，進一步包括一個或多個附加的瀉流單元，與所述晶片支撐結構的所述支撐面的所述中心保持距離，並與所述晶片支撐結構的中心軸具橫向距離。

【0142】 實施例25：實施例23或24中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述至少兩個瀉流單元的各瀉流單元被定向並配置為相對於所述晶片支撐結構的中心軸成角度地向所述晶片支撐結構噴射物質。

【0143】 實施例26：實施例23-25中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，所述橫向距離與所述晶片支撐結構的直徑的比率約為0.4和0.8之間。

【0144】 實施例27：實施例23-26中任何一個的物理氣相沉積系統，其中所述物理氣相沉積系統包括分子束磊晶沉積系統。

【0145】 實施例28：實施例23-27中任何一個的物理氣相沉積系統，其中，從所述兩個瀉流單元穿過所述晶片支撐結構的上表面被噴射的物質的平均總通量約大於 1.0×10^{15} atoms/cm²•second。

【0146】 實施例29：實施例23-28中任何一個的物理氣相沉積系統，進一步包括：電漿源，被耦合至所述沉積室並在所述沉積室內生成電漿。

【0147】 實施例30：實施例23-29中任何一個的物理氣相沉積系統，進一步包括：冷卻盤管，被配置在所述沉積室中並橫向地包圍所述晶片支撐結構。

【0148】 實施例31：一種執行物理氣相沉積過程的方法，包括以下步驟：從至少部分地位於沉積室外部的至少一個瀉流單元中噴射出物質，使其穿過所述沉積室的壁中的孔徑，並朝向所述沉積室中的晶片支撐結構上的至少一個晶片；將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上。

【0149】 實施例32：實施例31的方法，進一步包括：在將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上時，在所述沉積室內提供約760 torr至 1×10^{-8} torr的壓力。

【0150】 實施例33：實施例32的方法，進一步包括：在將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上時，在所述沉積室內提供約760 torr至 1×10^{-2} torr的壓力。

【0151】 實施例34：實施例33的方法，進一步包括：在將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上時，使所述噴射的物質的黏性流或混合流穿過所述沉積室。

【0152】 實施例35：實施例31-34中任何一個的方法，其中，將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上包括：生長所述至少一個晶片上所述物質的層，所述層具有0.1%-1%的層厚度均勻性。

【0153】 實施例36：實施例31-35中任何一個的方法，進一步包括，將所述噴射的物質的至少30%沉積在所述至少一個晶片上。

【0154】 實施例37：實施例31-36中任何一個的方法，進一步包括：以約10 $\mu\text{m}/\text{小時}$ 至50 $\mu\text{m}/\text{小時}$ 的生長率，生長所述至少一個晶片上所述噴射的物質的層。

【0155】 實施例38：實施例31-37中任何一個的方法，進一步包括：使用至少一個射頻加熱元素，將所述至少一個瀉流單元中的物質加熱至1,200 °C至2,500 °C，使所述材料蒸發或昇華，並將所述蒸發或昇華的材料噴射至所述瀉流單元之外。

【0156】 實施例39：一種執行物理氣相沉積過程的方法，包括以下步驟：從兩個瀉流單元中的每一個，朝沉積室內的晶片支撐結構上的至少一個晶片噴射出物質，所述兩個瀉流單元相對於所述晶片支撐結構的中心軸被直徑地對置，並與所述晶片支撐結構的支撐面的中心保持距離，所述距離與所述晶片支撐結構的直徑的比率約為0.5和2.0之間，所述至少兩個瀉流單元的各瀉流單元與所述晶片支撐結構的中心軸具橫向距離；以及將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上。

【0157】 實施例40：實施例39的方法，進一步包括：從所述兩個瀉流單元穿過所述晶片支撐結構的上表面被噴射的物質的平均總通量約大於 1.0×10^{15} atoms/cm²•second。

【0158】 實施例41：實施例39或40中的方法，進一步包括：在將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上時，在所述沉積室內提供約760 torr至 1×10^{-8} torr的壓力。

【0159】 實施例42：實施例41的方法，進一步包括：在將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上時，在所述沉積室內提供約760 torr至 1×10^{-2} torr的壓力。

【0160】 實施例43：實施例41或42中的方法，進一步包括：在將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上時，使所述噴射的物質的黏性流或混合流穿過所述沉積室。

【0161】 實施例44：實施例39-43中任何一個的方法，其中，將所述噴射的物質沉積在所述至少一個晶片上包括：生長所述至少一個晶片上所述物質的層，所述層具有0.1%-1%的層厚度均勻性。

【0162】 實施例45：實施例39-44中任何一個的方法，進一步包括，將所述噴射的物質的至少30%沉積在所述至少一個晶片上。

【0163】 實施例46：實施例39-45中任何一個的方法，進一步包括：以約 $10 \mu\text{m}/\text{小時}$ 至 $50 \mu\text{m}/\text{小時}$ 的生長率，生長所述至少一個晶片上所述噴射的物質的層。

【0164】 雖然本發明在此通過示例性實施例被說明，但本技術領域中的普通技術人員應理解其並不僅局限於此。相反，在不脫離本發明聲明思想範圍的前提下，可對說明的實施例進行添加、刪除、及修改，包括其等價物。此外，一個實施例中的特徵可與另一個實施例的特徵相結合，且仍被包含在公開的範圍內。

【符號說明】

【0165】

10A	沉積系統
10B	沉積系統
100	沉積室
200	瀉流單元
200a	瀉流單元
200b	瀉流單元
200c	瀉流單元
200d	瀉流單元
200e	瀉流單元
200f	瀉流單元
200g	瀉流單元
200h	瀉流單元
200i	瀉流單元
200j	瀉流單元
200k	瀉流單元
200l	瀉流單元
201	外部真空密封殼體
202	隔離閥
203a、203b	射頻饋通
204	氣體饋通
205	墊子饋通
207	輸送管
206	電機
208	熔罐

209	供給管
210	閥軸
211	射頻加熱元件
212	射頻加熱元件
213	熱隔離器
300	原位材料再加載系統
301	接入埠
302	真空泵
304	電機
305	真空閘閥
306	熔罐
308	旋轉柄
309	加熱元件
310	真空密封殼體
400	真空埠
500	電漿源
501a	供給射頻饋通
501b	返回射頻饋通
502	氣體饋通入口
503	射頻線圈
504b	真空固定法蘭
505	介質界面管
506	真空固定法蘭
507	電漿熔罐

507a	擴張錐
507b	狹窄管道
508	孔板
509	卡環
510	凹槽
600	工具接入埠
700	晶片傳輸埠
800	冷卻盤管
801	隔熱罩
803	間隙
804	間隙
805	區域
806	冷卻液回流管
900	真空泵
1000	晶片支撐結構
1001	晶片
1002	基座
1003	旋轉盤
1004	桿
1005	重直驅動套筒
1006	旋轉套筒
1007	加熱元件

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種物理氣相沉積系統，包括：

一沉積室；

一晶片支撐結構，被配置在該沉積室內，並被配置用來支撐該沉積室上的至少一個晶片；以及

至少一個瀉流單元，至少部分地位於該沉積室的外部，並與該沉積室的壁耦合，該至少一個瀉流單元被配置用來通過蒸發或昇華該至少一個瀉流單元中的一材料產生一物理氣相，並通過該沉積室的壁中的孔徑將該物理氣相注入到該沉積室中，該瀉流單元填入將被蒸發或昇華的該材料，且無需將該至少一個瀉流單元從該沉積室中移除，以及無需中斷經該物理氣相沉積系統執行的沉積過程；該至少一個瀉流單元包括：

一熔罐，被配置用來容納該至少一個瀉流單元中將被蒸發或昇華的該材料；

一輸送管，被配置用來將來源於該熔罐的一蒸發或昇華的材料從該至少一個瀉流單元傳遞至該沉積室中；

一供給管，該供給管的一第一端自該熔罐延伸並與該熔罐物理性耦合，該供給管係位於並被配置用來捕獲來源於該蒸發或昇華的材料的一凝結物，並將該凝結物傳遞回該熔罐；

一真空殼體，包覆該熔罐、該輸送管以及該供給管的每一者；

一加載鎖定裝置，包含有一接入埠和一真空泵；以及

一熱隔離器，位於該加載鎖定裝置以及該供給管之間；

其中，該供給管相反於該第一端的一第二端透過該熱隔離器與該真空外殼相連通。

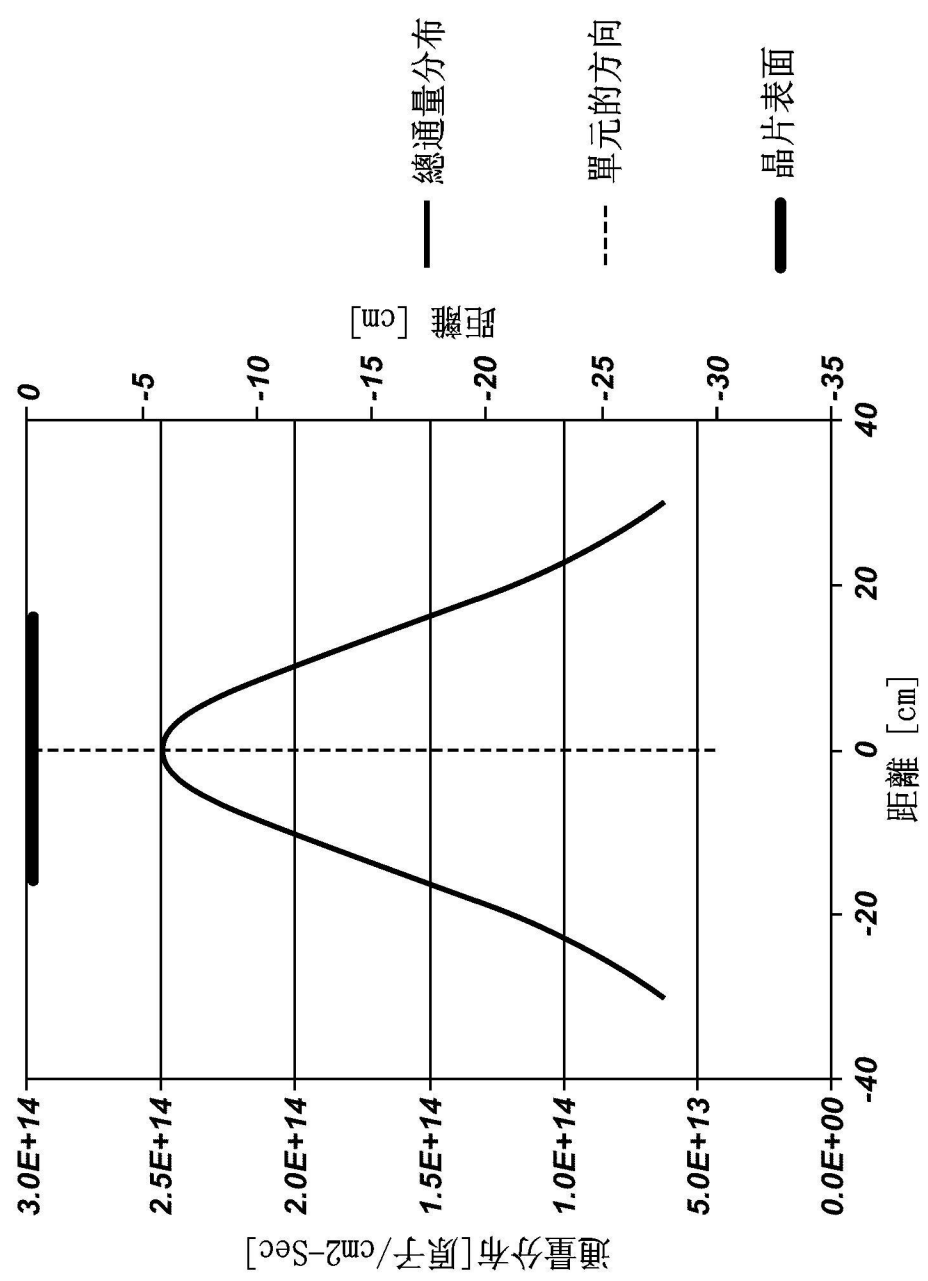
- 【第2項】如請求項1所述之物理氣相沉積系統，其中，該至少一個瀉流單元進一步包括：至少一個射頻（RF）加熱元件，位於該至少一個熔罐中並被配置用來加熱包含在其中的材料，從而使該至少一個熔罐中的該材料蒸發或昇華，且該蒸發或昇華的材料流動穿過該輸送管並至該至少一個瀉流單元的外部。
- 【第3項】如請求項2所述之物理氣相沉積系統，其中，該至少一個瀉流單元不包括任何電阻加熱元件。
- 【第4項】如請求項1所述之物理氣相沉積系統，其中，該至少一個瀉流單元進一步包括：
一閥，位於該加載鎖定裝置和該供給管之間。
- 【第5項】如請求項1所述之物理氣相沉積系統，其中，該至少一個瀉流單元填入將被蒸發或昇華的附加材料，且無需中斷該至少一個瀉流單元中的材料的沉積或昇華，以及無需釋放該沉積室中的真空。
- 【第6項】如請求項1所述之物理氣相沉積系統，進一步包括：一冷卻盤管，被配置在該沉積室中，該冷卻盤管圍繞和包圍該晶片支撐結構和該至少一個瀉流單元之間的該沉積室內的一體積空間。
- 【第7項】如請求項6所述之物理氣相沉積系統，進一步包括一冷卻液的源，以及一泵，被配置用來通過該冷卻盤管泵送該冷卻液。
- 【第8項】如請求項7所述之物理氣相沉積系統，其中，所述該冷卻液的源包括液態氮、水、或氯氟碳化合物的源。
- 【第9項】如請求項8所述之物理氣相沉積系統，其中，該物理氣相沉積系統不包括低溫板。
- 【第10項】如請求項6所述之物理氣相沉積系統，進一步包括：一圓柱形隔熱罩，被配置在由該冷卻盤管包圍的該體積空間內。

- 【第11項】如請求項1所述之物理氣相沉積系統，進一步包括：配置在該至少一個瀉流單元中的將被蒸發或昇華的該材料，且將被蒸發或昇華的該材料含有兩種或多種元素材料的混合物。
- 【第12項】如請求項11所述之物理氣相沉積系統，其中，該至少一個瀉流單元中的兩種或多種元素材料的混合物具有預定的元素組成。
- 【第13項】如請求項12所述之物理氣相沉積系統，其中，兩種或多種元素材料由週期表的共群中的兩種或多種元素組成。
- 【第14項】如請求項1所述之物理氣相沉積系統，其中，該至少一個瀉流單元包括：至少兩個瀉流單元，該至少兩個瀉流單元相對於該晶片支撐結構的中心軸被直徑地對置，並與該晶片支撐結構的支撐面的中心保持一距離，該距離與該晶片支撐結構的直徑的比率約為0.5和2.0之間，該至少兩個瀉流單元的各該瀉流單元與該晶片支撐結構的中心軸具有一橫向距離。
- 【第15項】如請求項14所述之物理氣相沉積系統，其中，該至少兩個瀉流單元的各該瀉流單元被定向和配置為相對於該晶片支撐結構的中心軸成角度地向該晶片支撐結構噴射物質。
- 【第16項】如請求項15所述之物理氣相沉積系統，其中，該橫向距離與該晶片支撐結構的直徑的比率約為0.4和0.8之間。
- 【第17項】一種執行物理氣相沉積過程的方法，包括以下步驟：
- 將一物質透過包括一接入埠和一真空泵的一加載鎖定裝置裝入至少部分地位於一沉積室外部的至少一個瀉流單元中；
- 從該至少一個瀉流單元中噴射出該物質，使其穿過該沉積室的壁中的孔徑，並朝向該沉積室中的一晶片支撐結構上的至少一個晶片；以及
- 將該物質沉積在該至少一個晶片上。

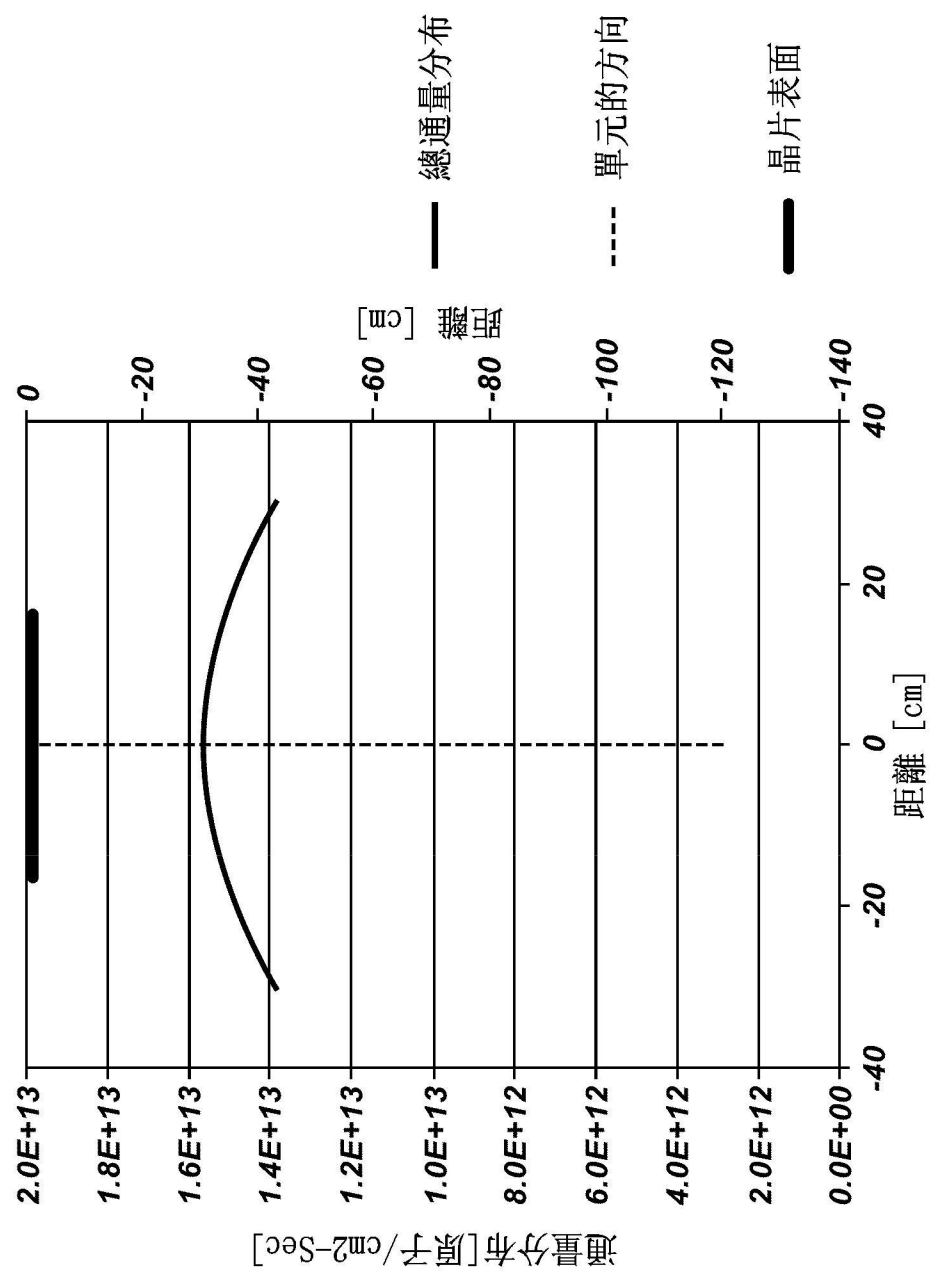
【第18項】如請求項17所述之方法，進一步包括：在將該噴射物質沉積在該至少一個晶片上時，在該沉積室內提供約760 torr至 1×10^{-2} torr的壓力。

【第19項】如請求項17所述之方法，進一步包括：將一附加材料添加到該至少一個瀉流單元，該附加材料經該至少一個瀉流單元將被蒸發或昇華，且無需中斷該至少一個晶片上的該噴射物質的沉積，以及無需釋放該沉積室中的真空。

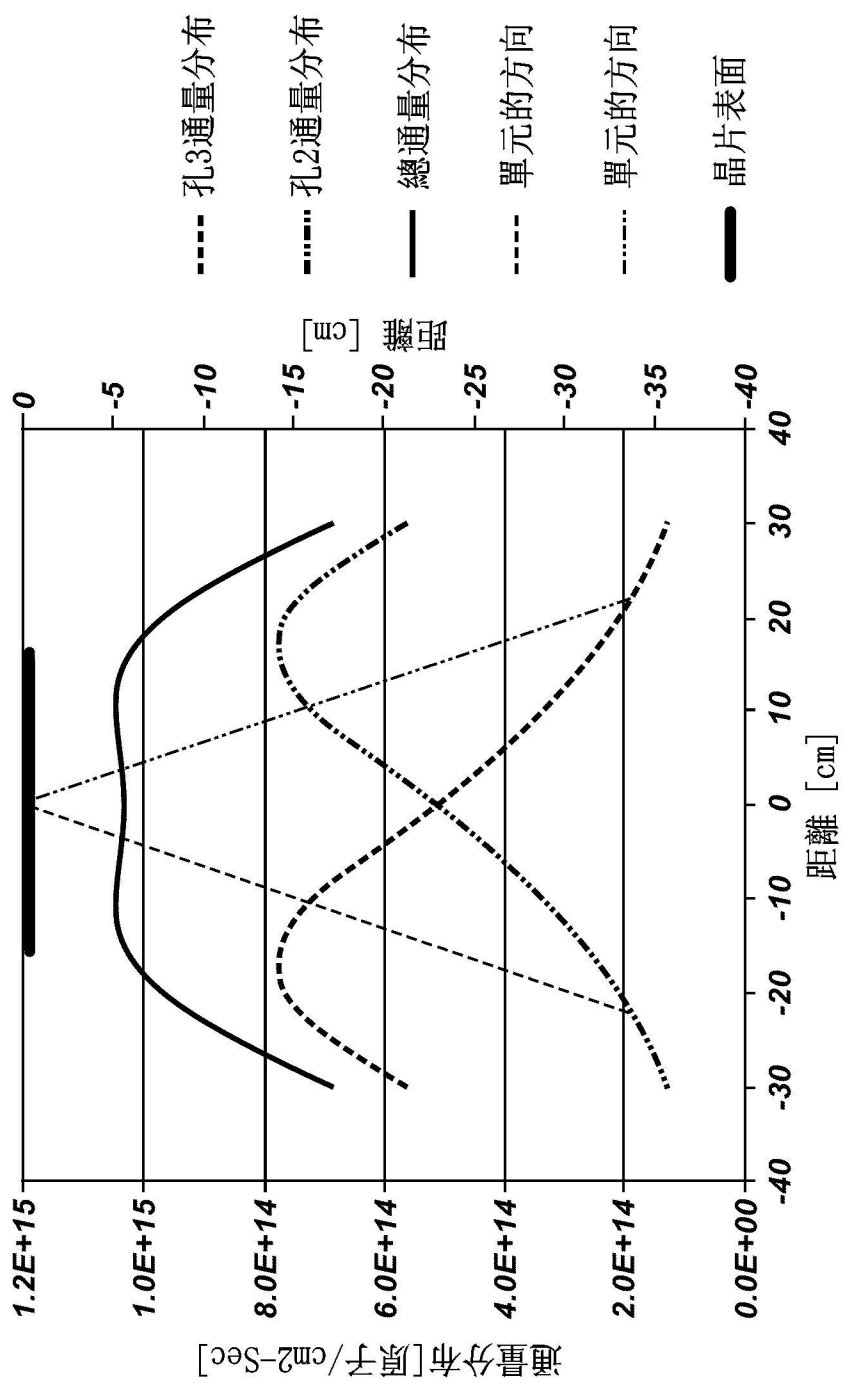
【發明圖式】



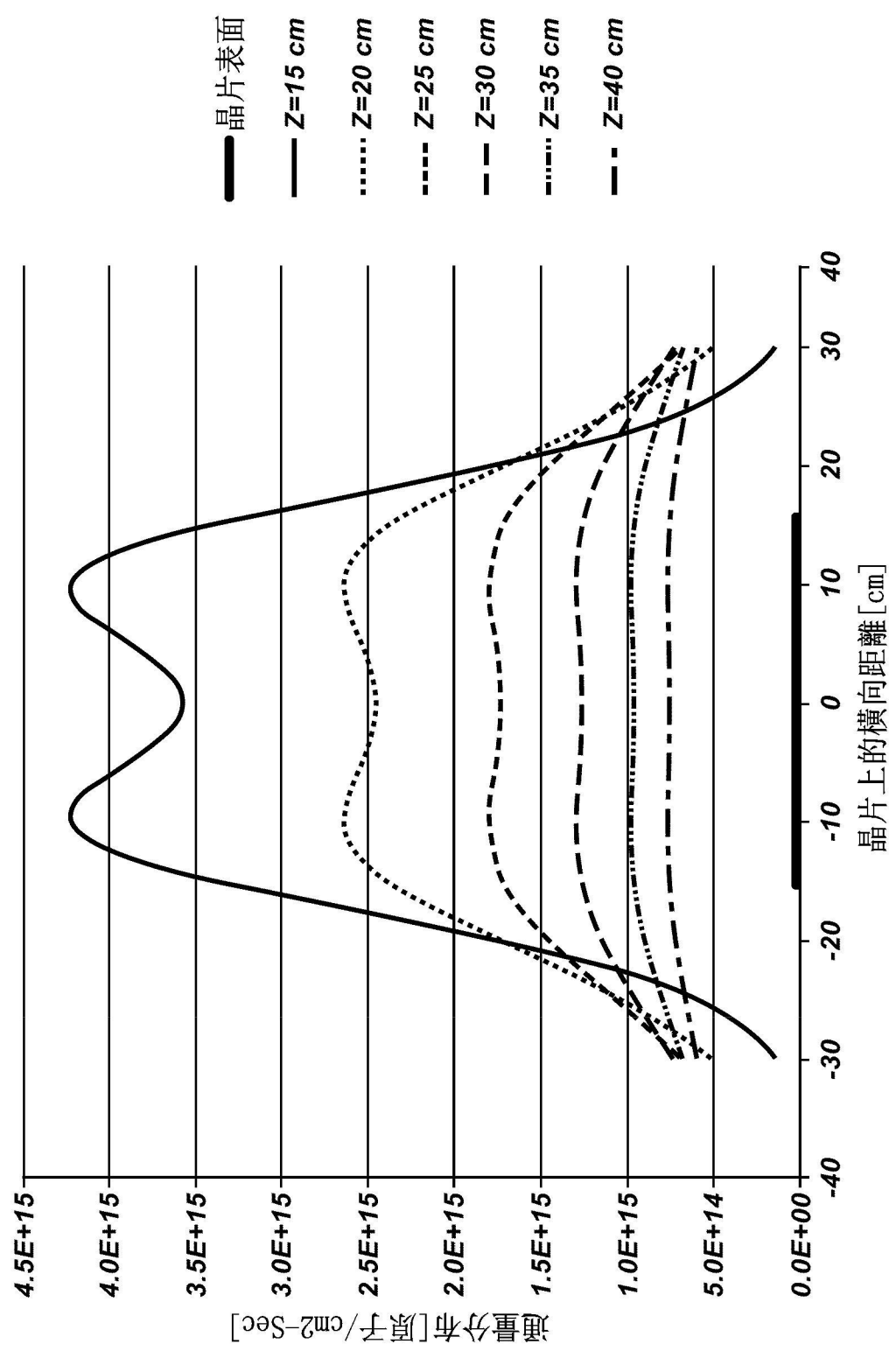
【圖1A】



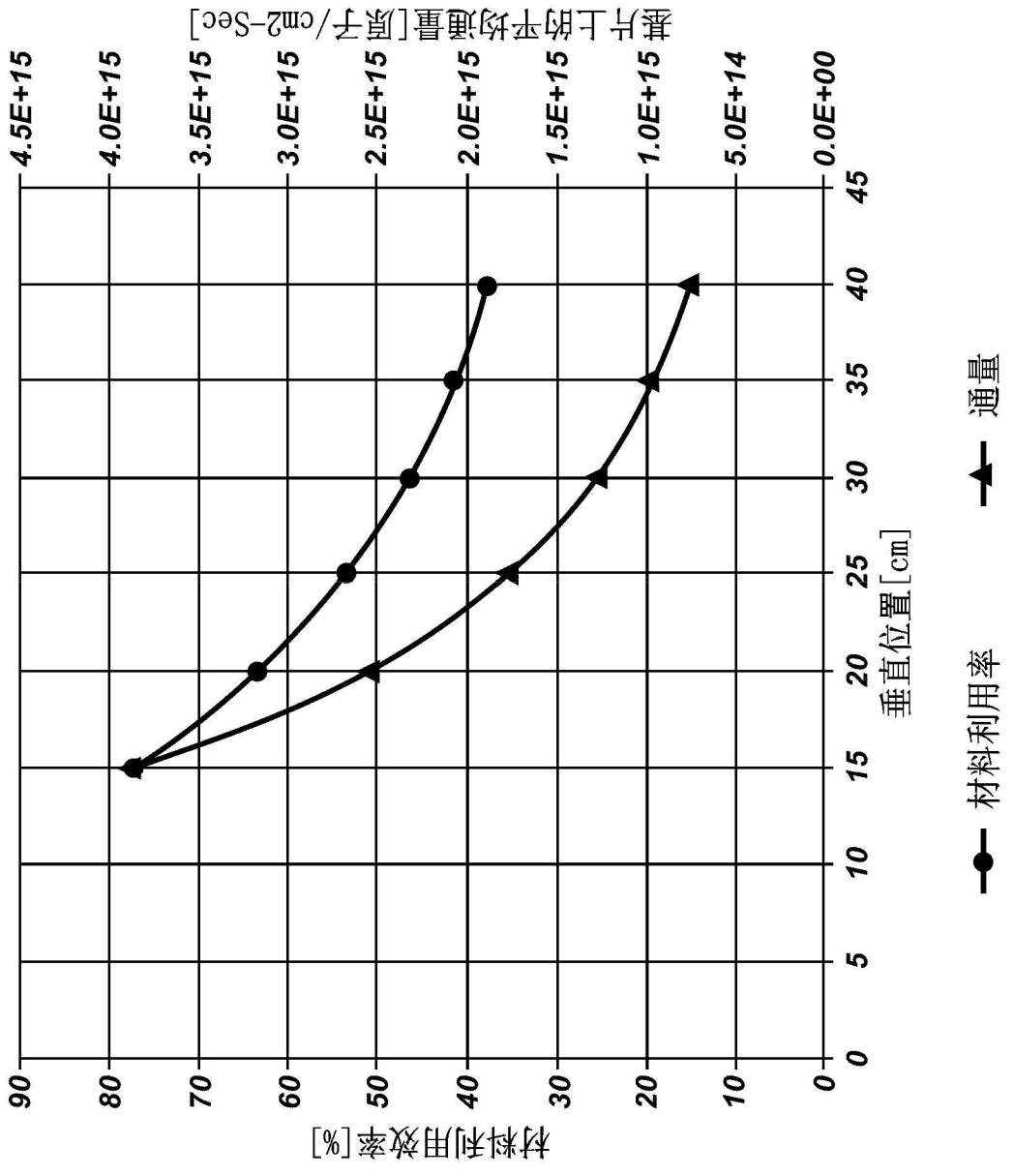
【圖1B】



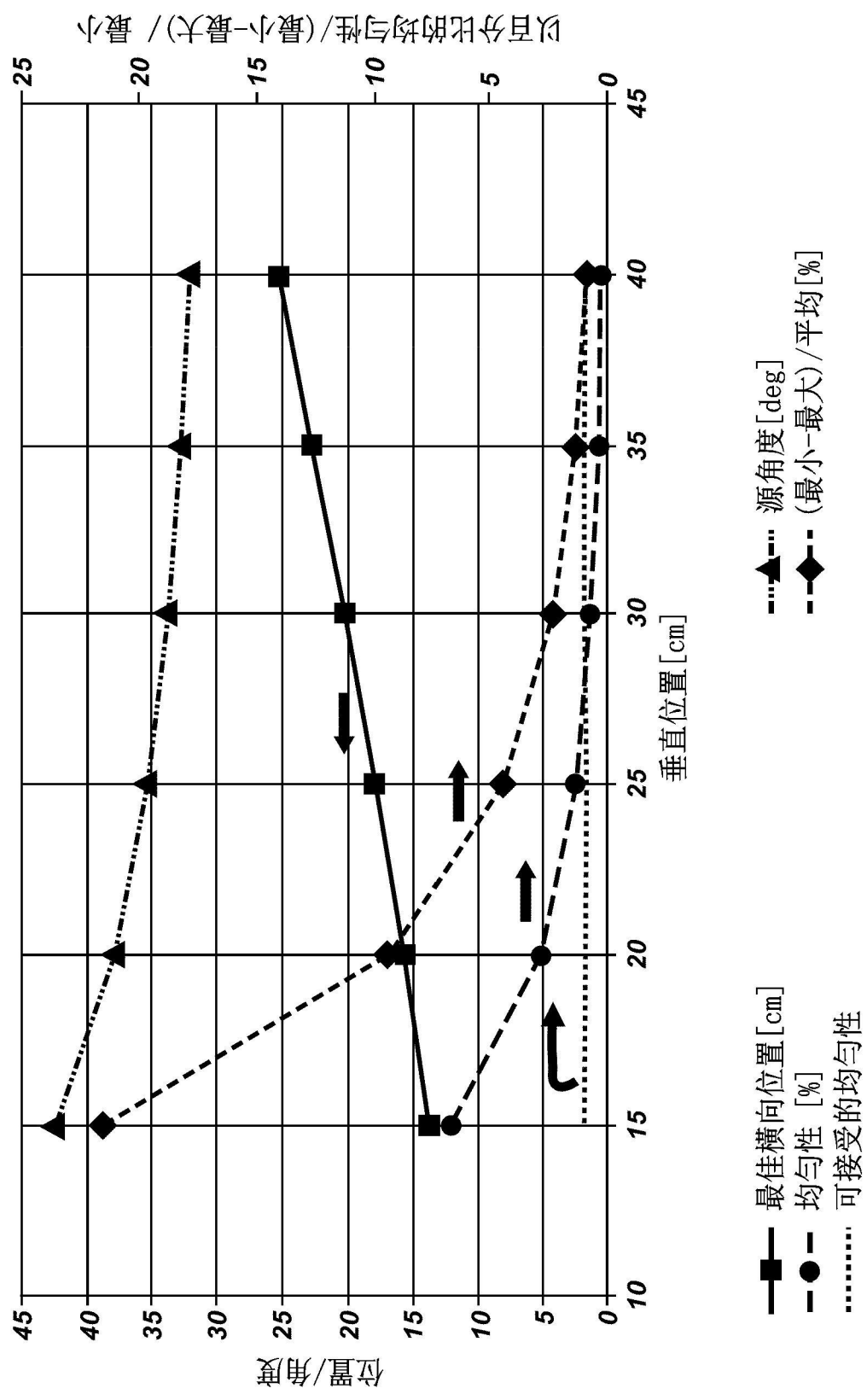
【圖2A】



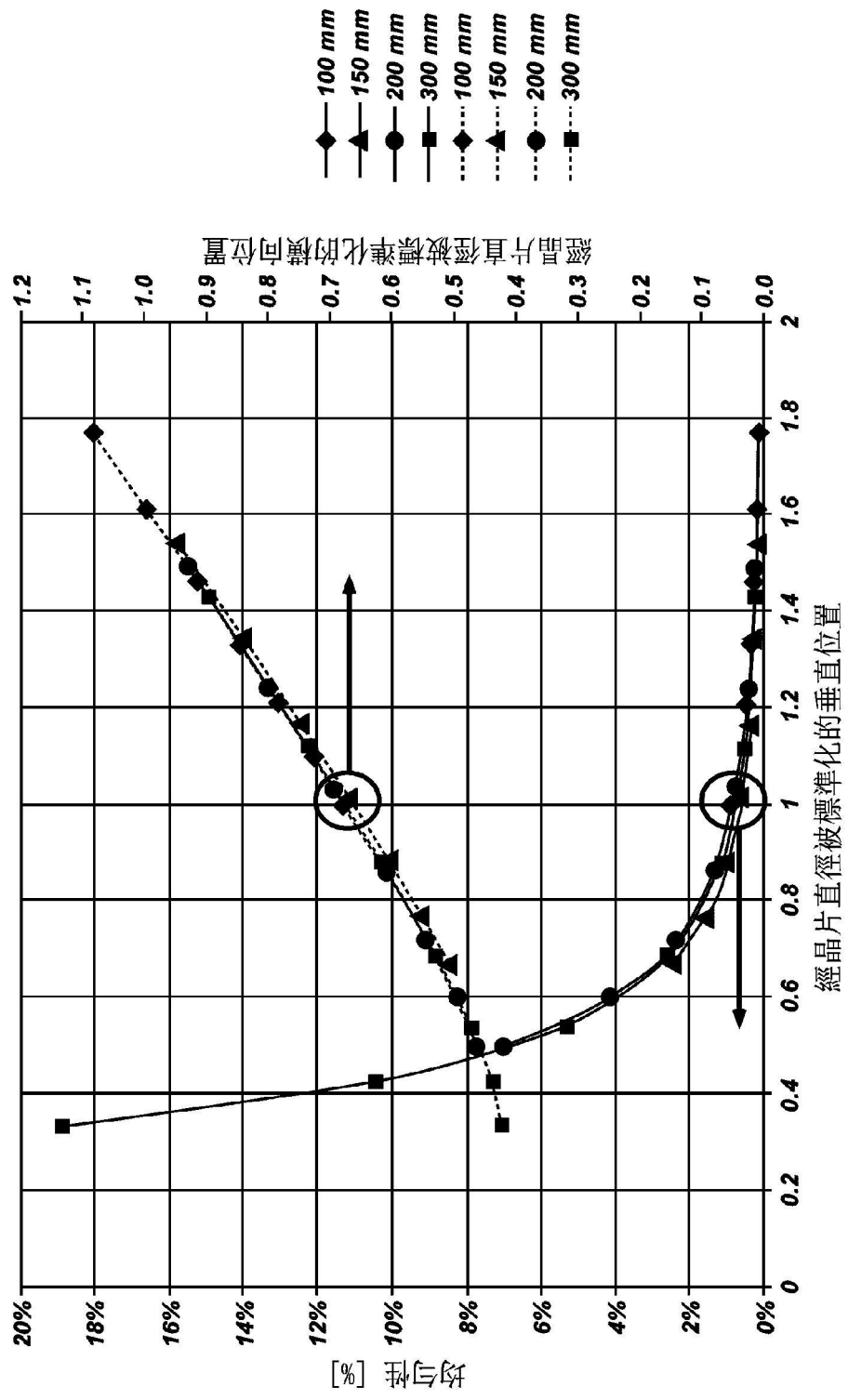
【圖2B】



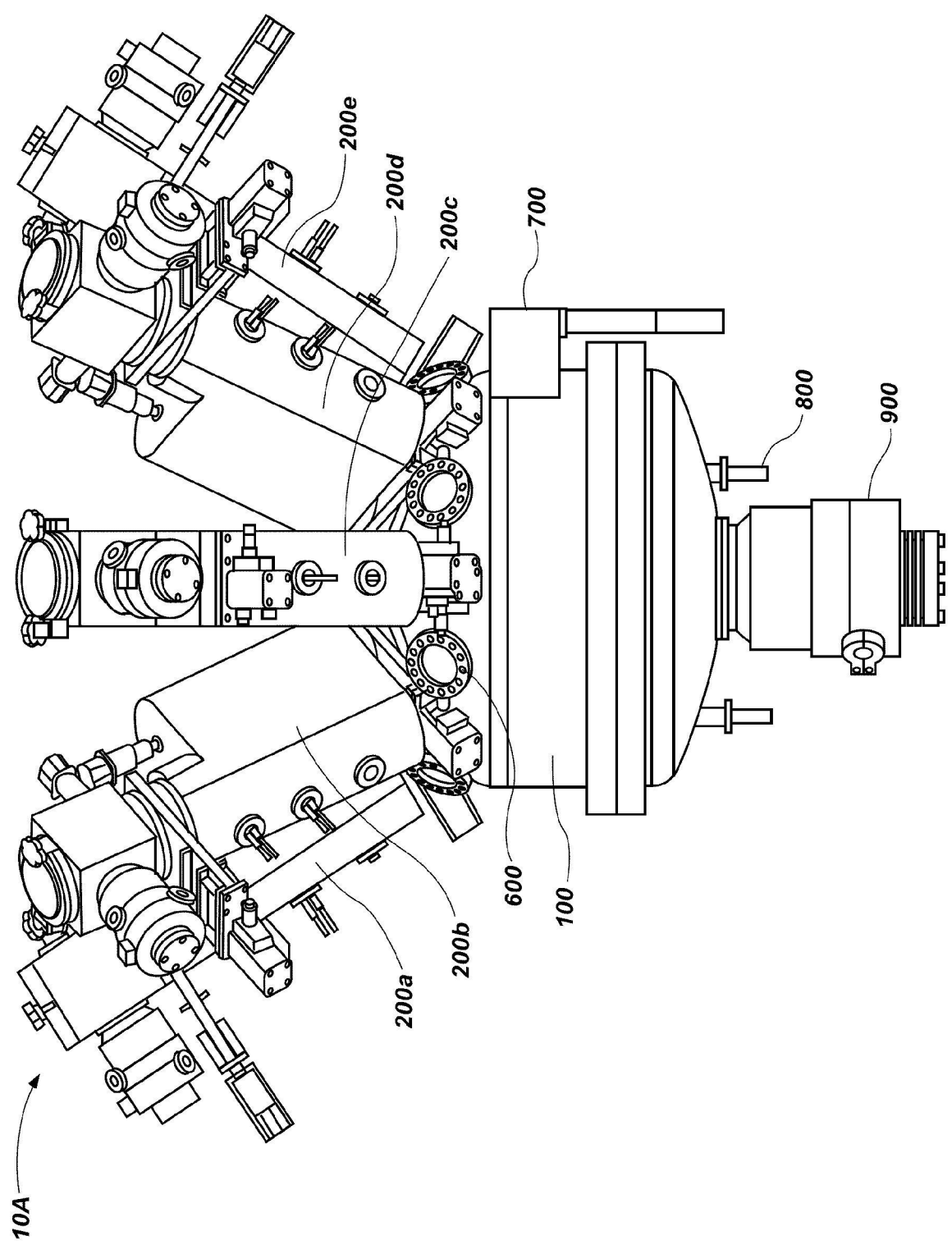
【圖3】



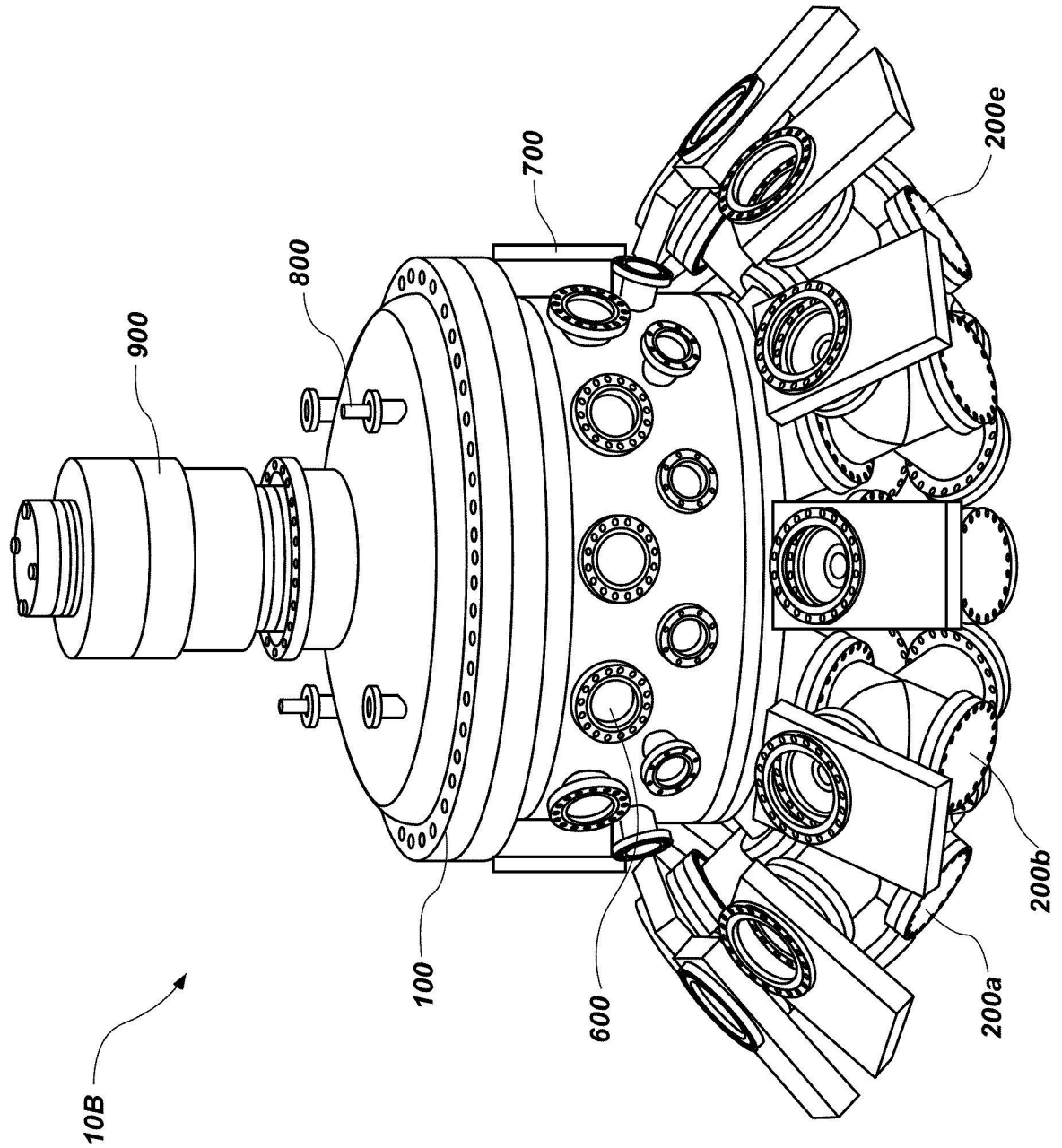
【圖4】



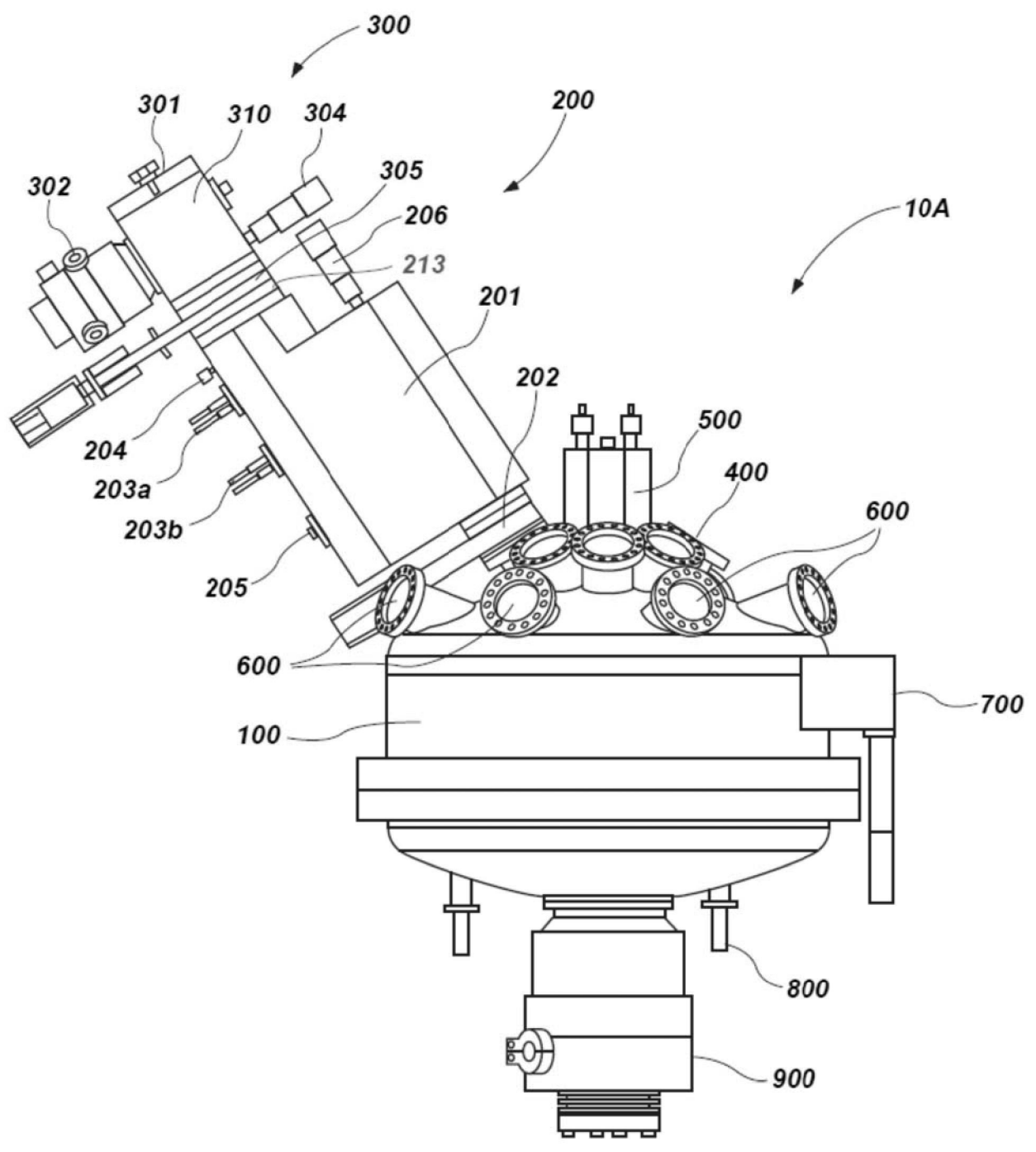
【圖5】



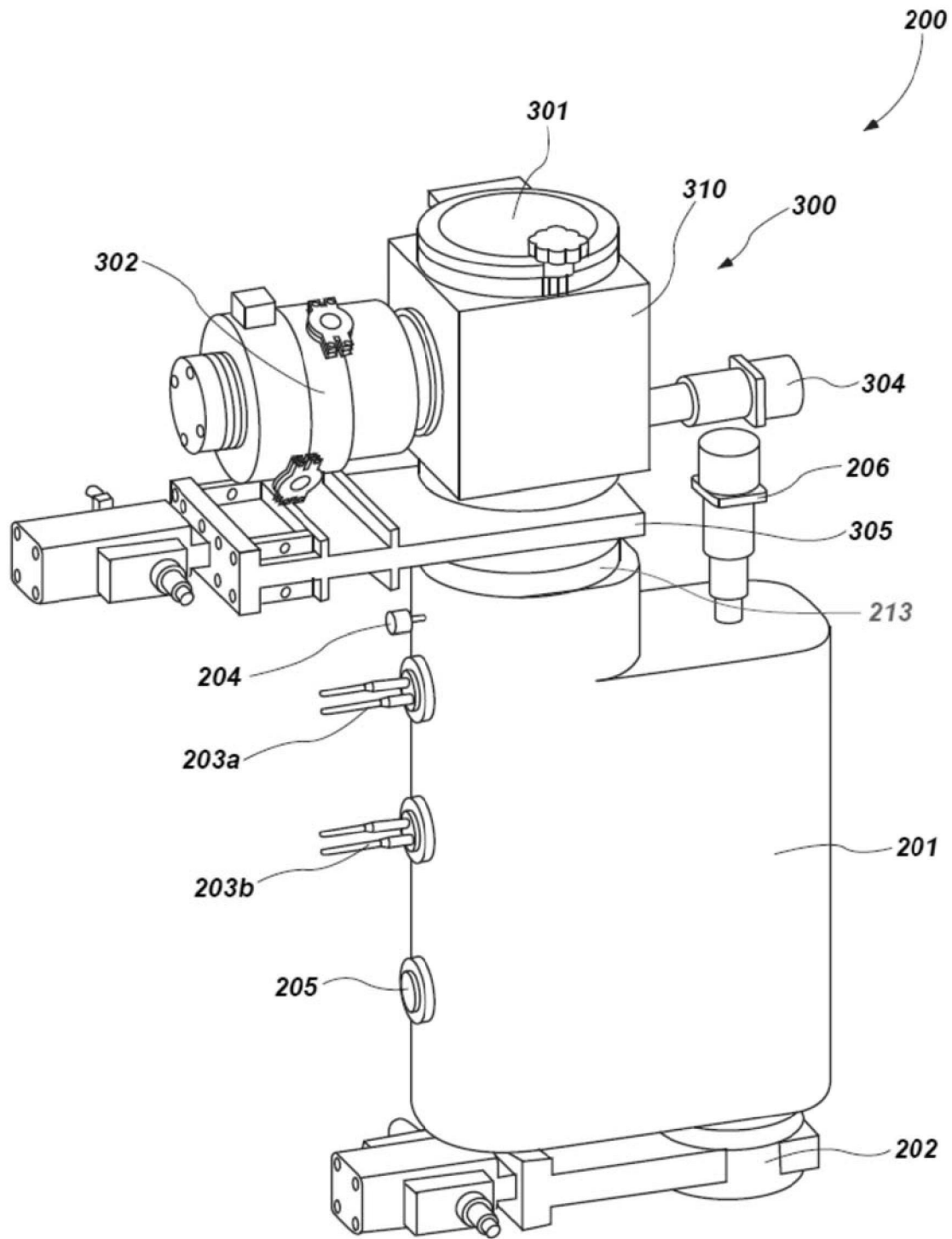
【圖6A】



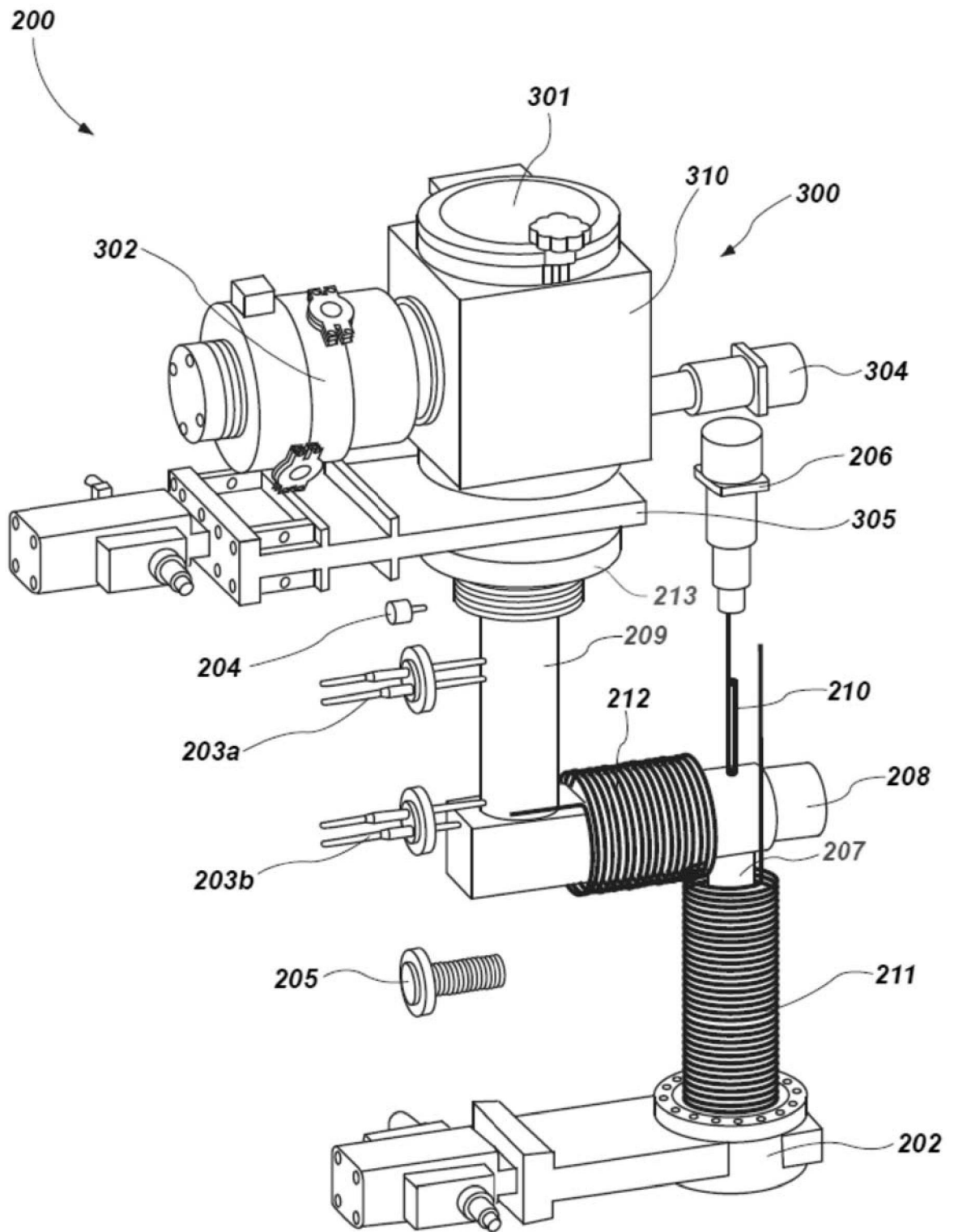
【圖6B】



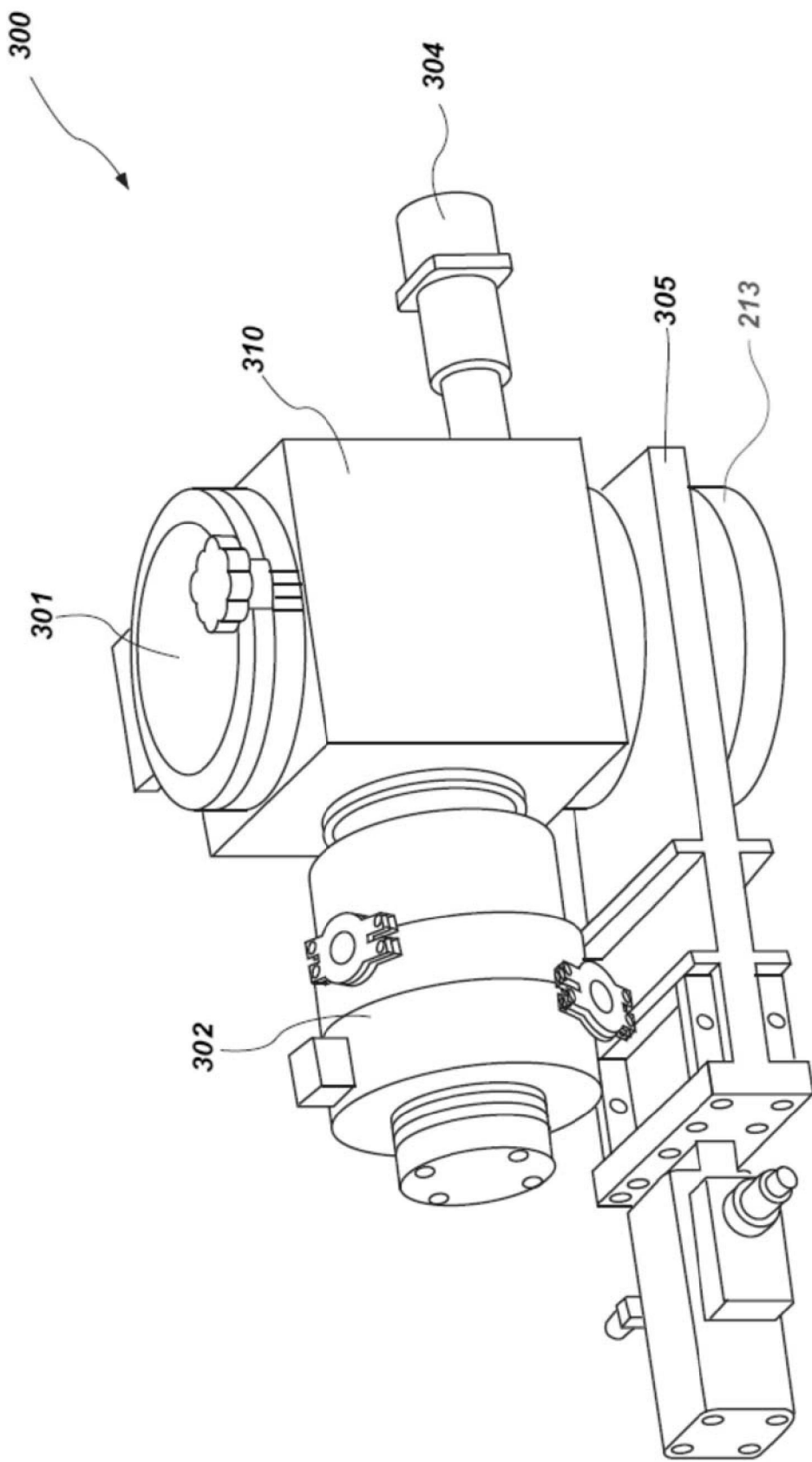
【圖6C】



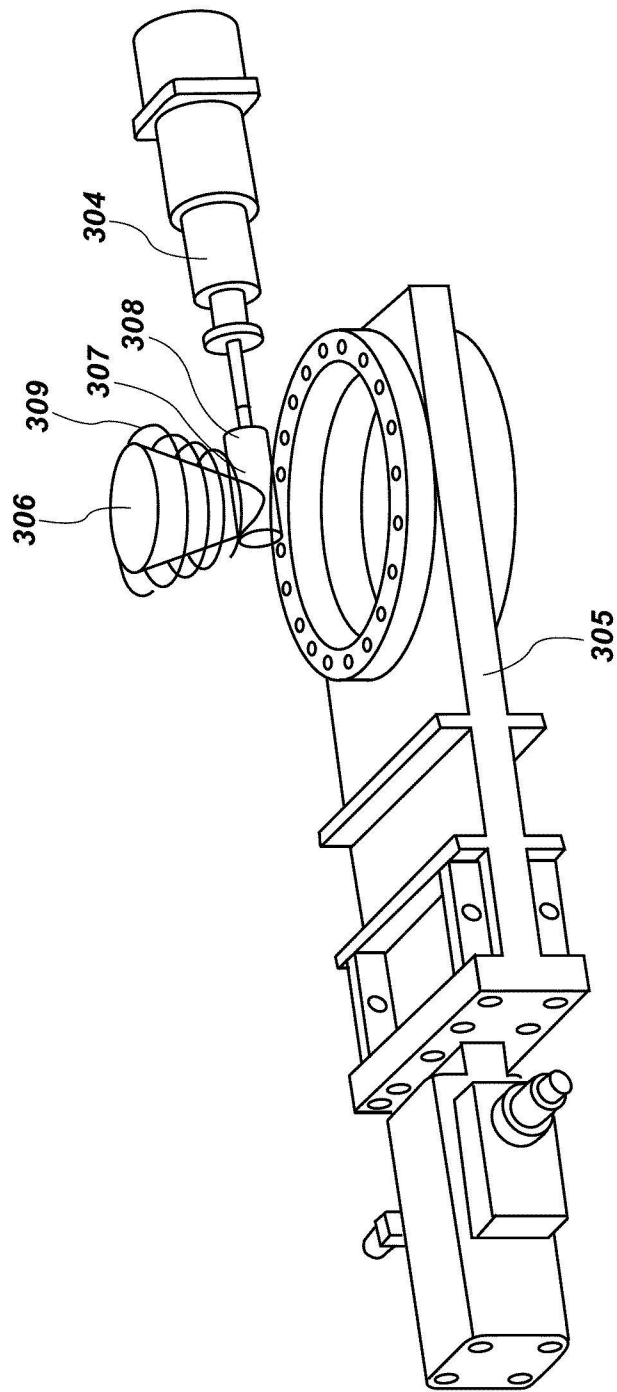
【圖7】



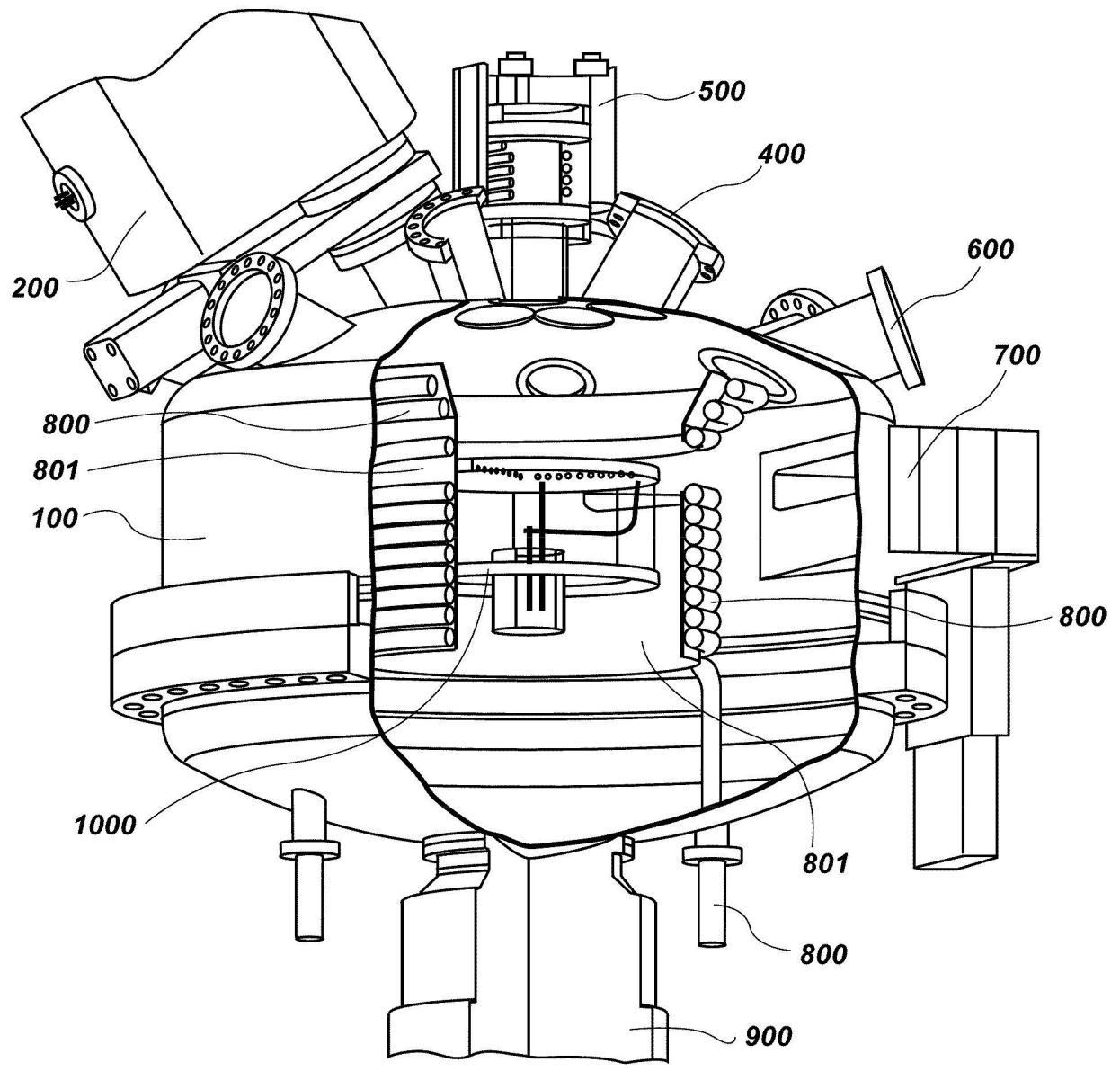
【圖8】



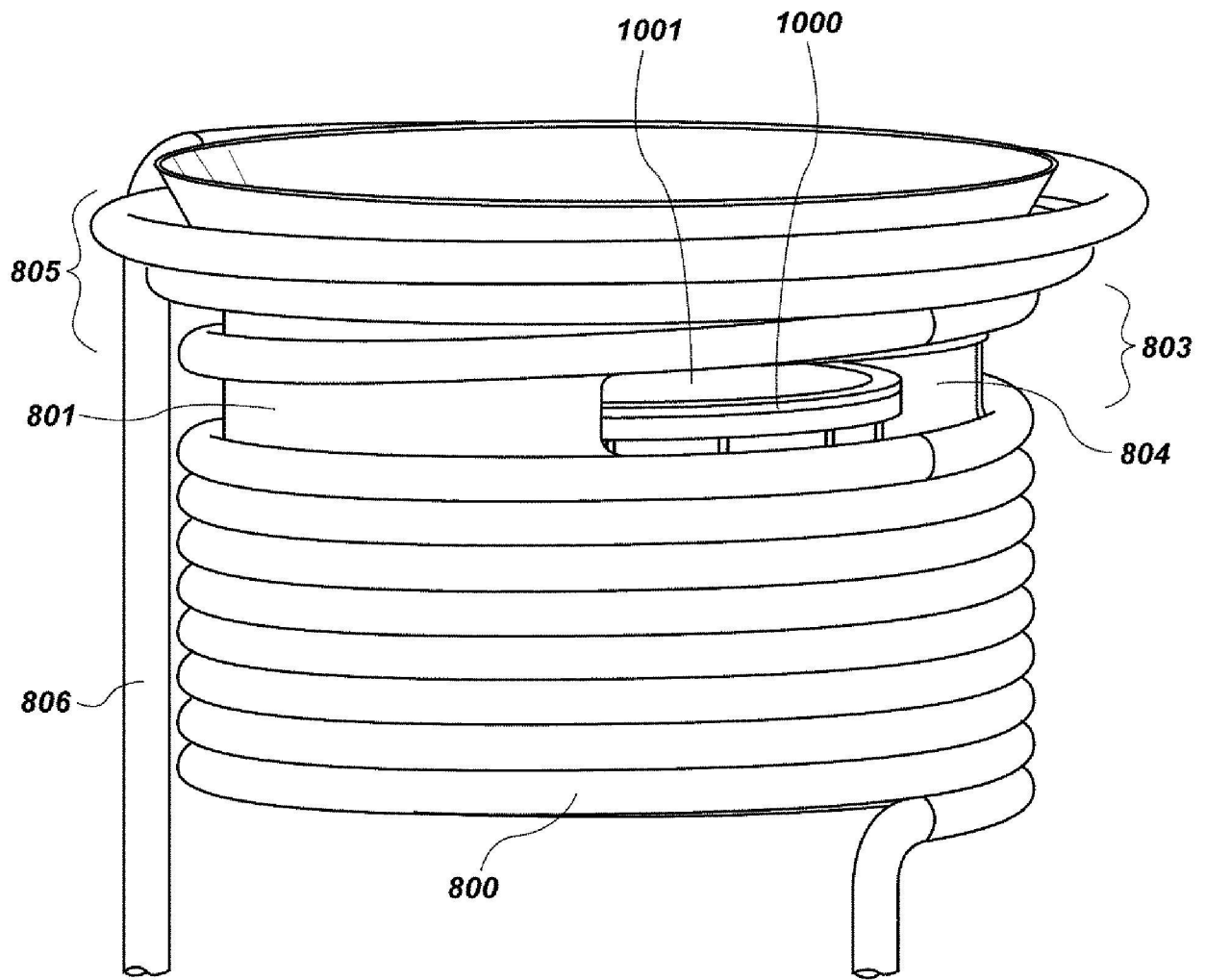
【圖9A】



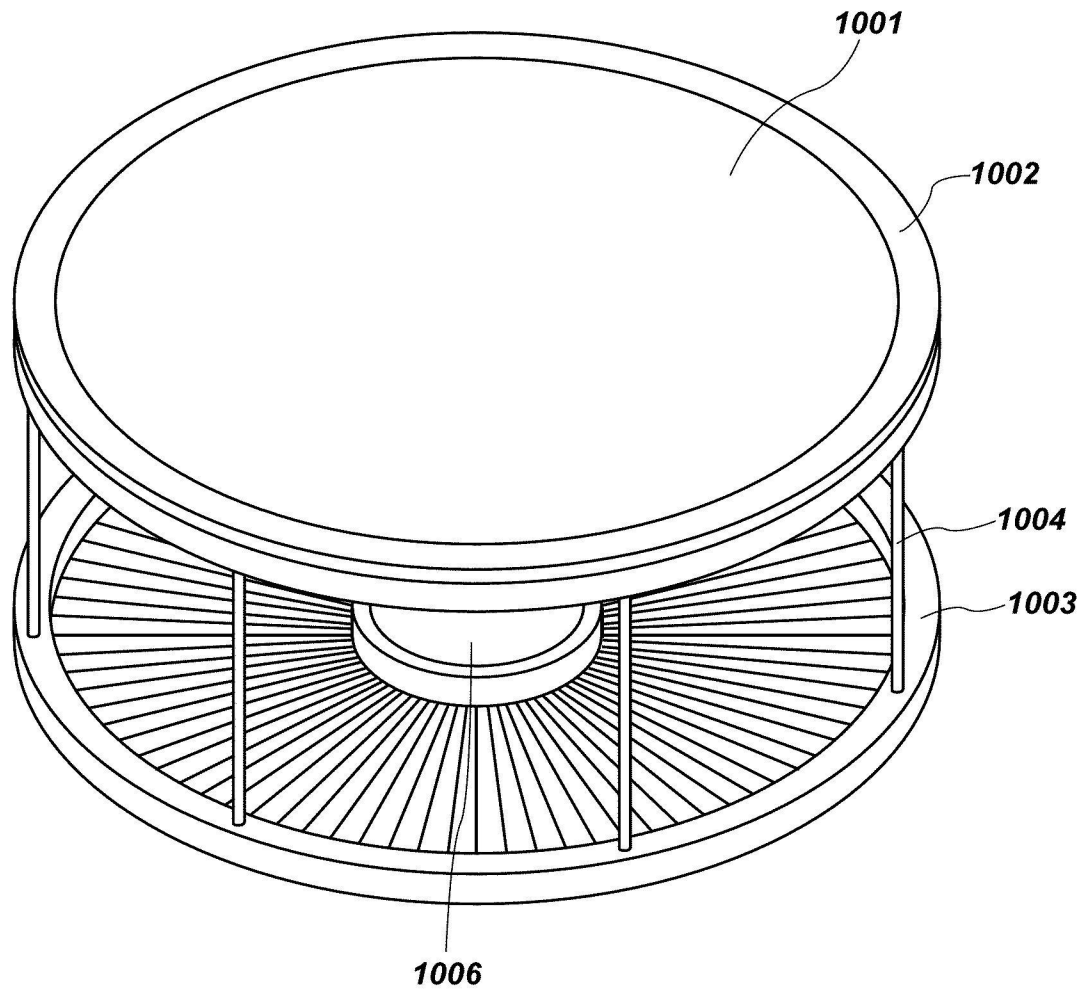
【圖9B】



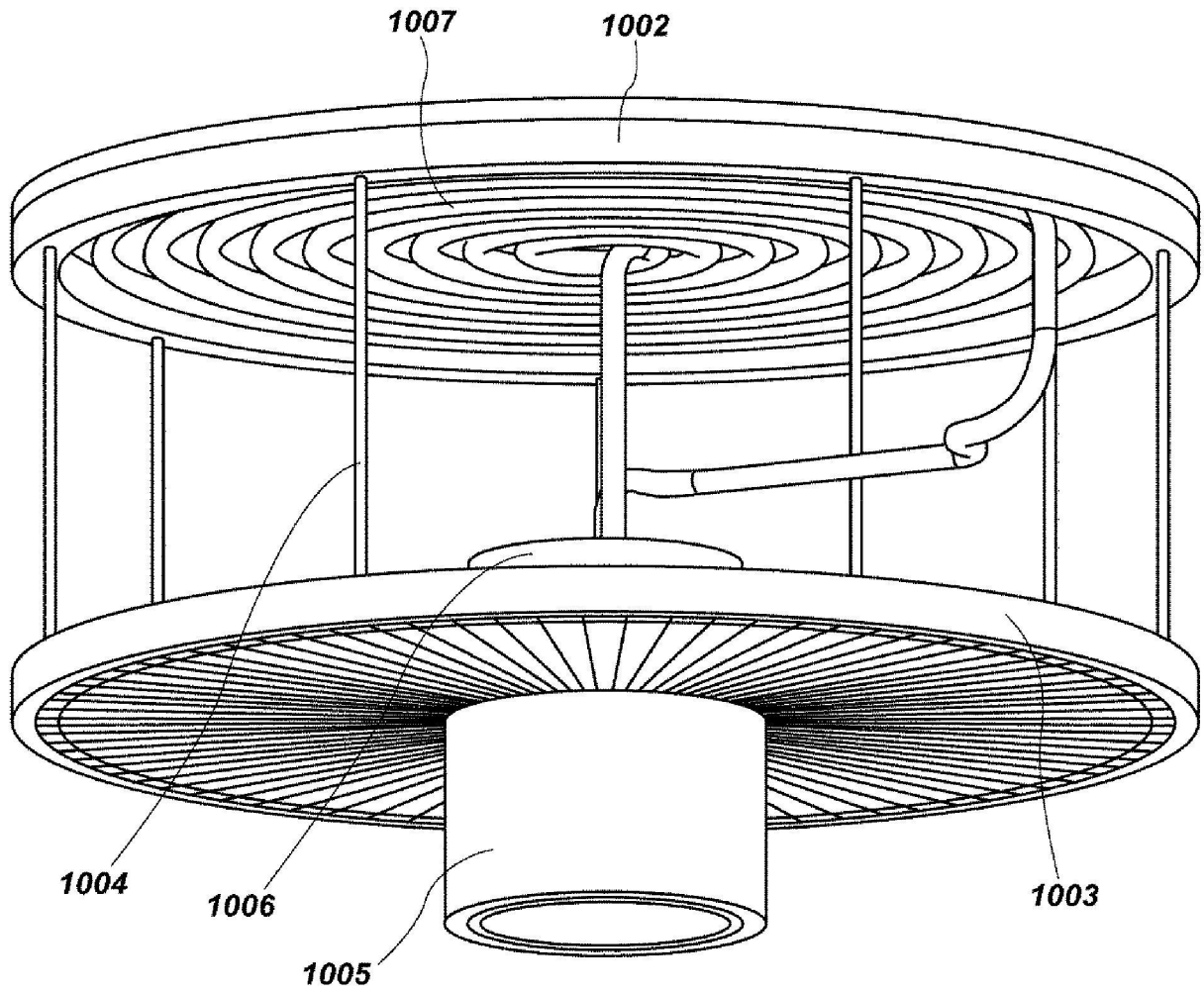
【圖10】



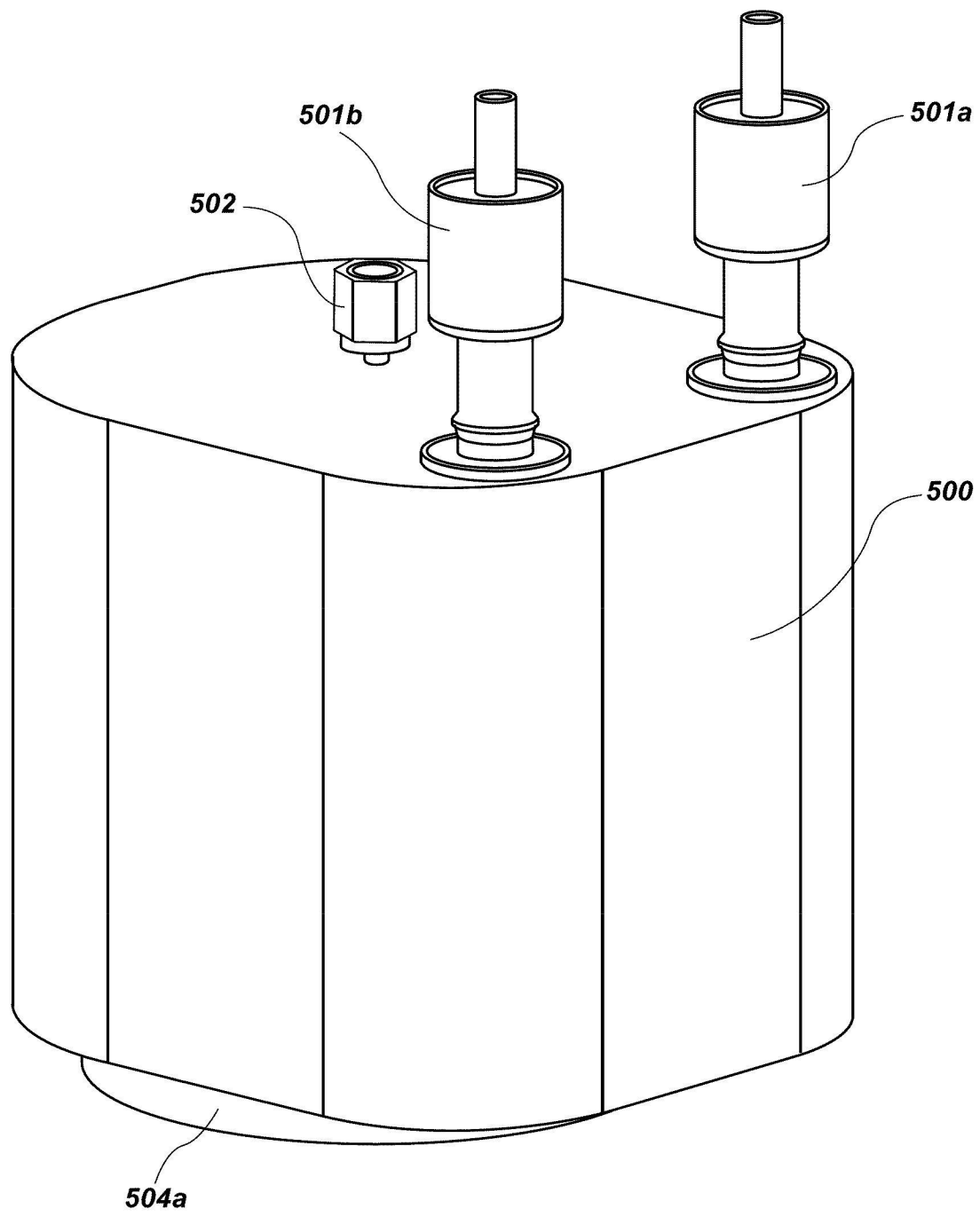
【圖11】



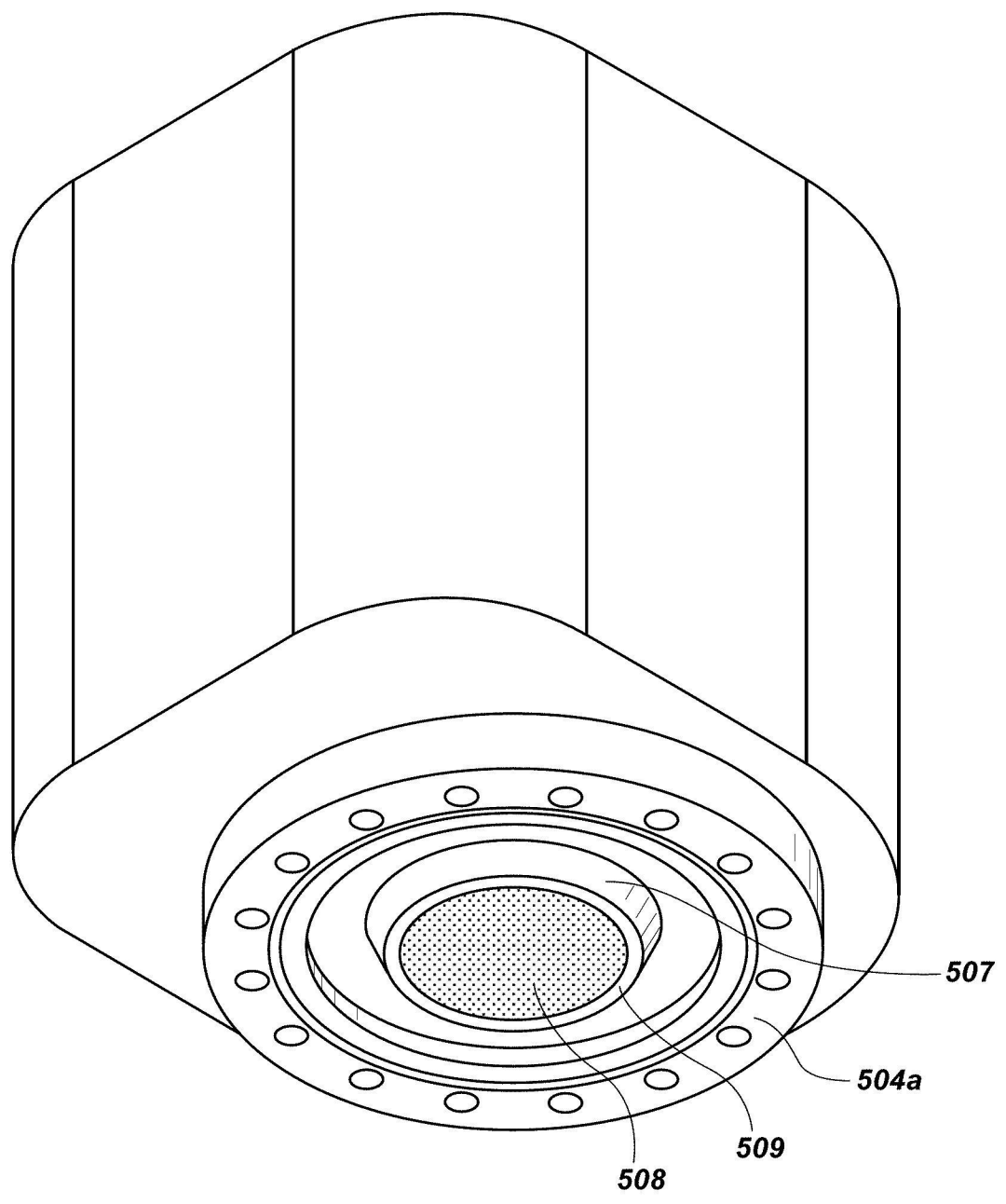
【圖12A】



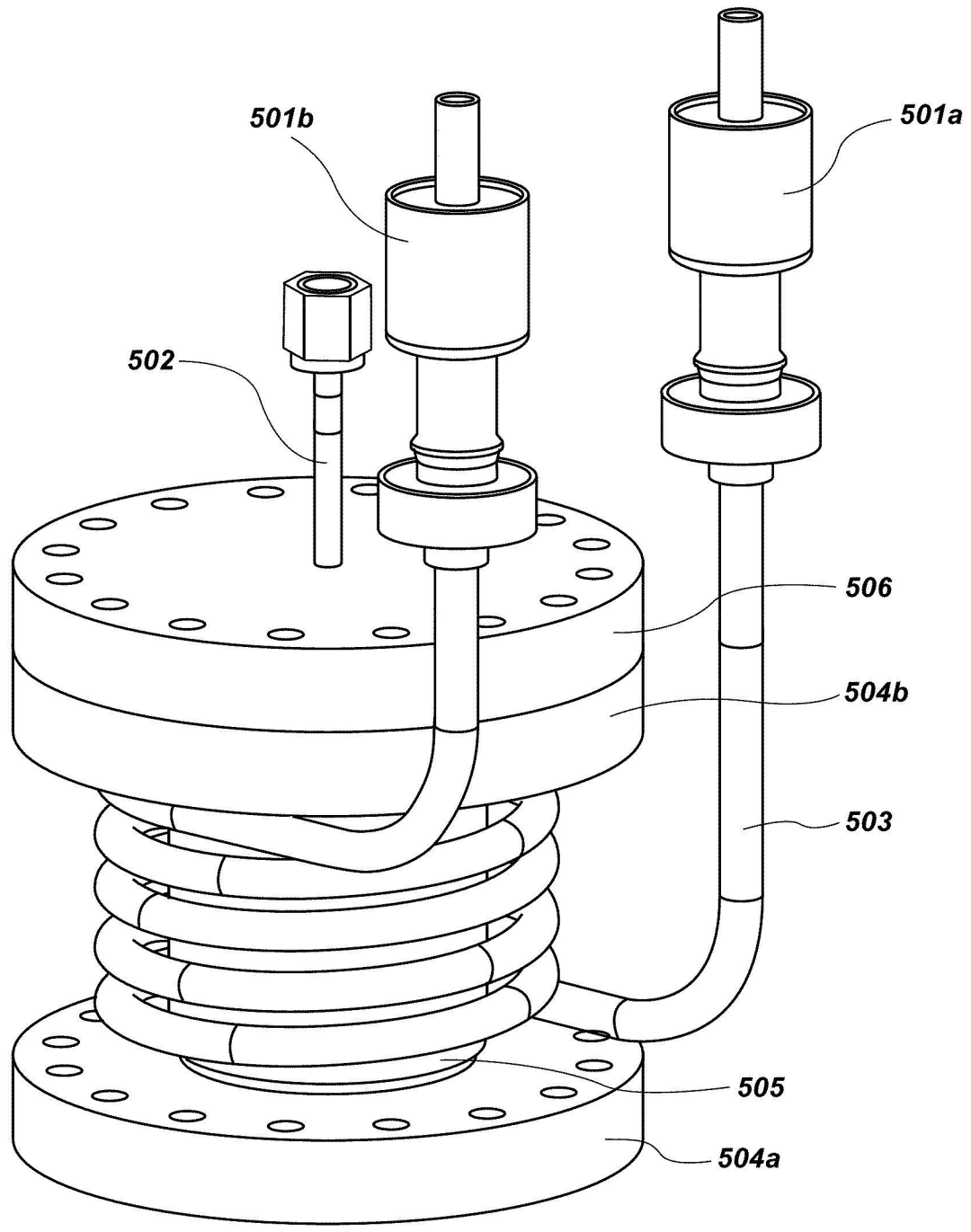
【圖12B】



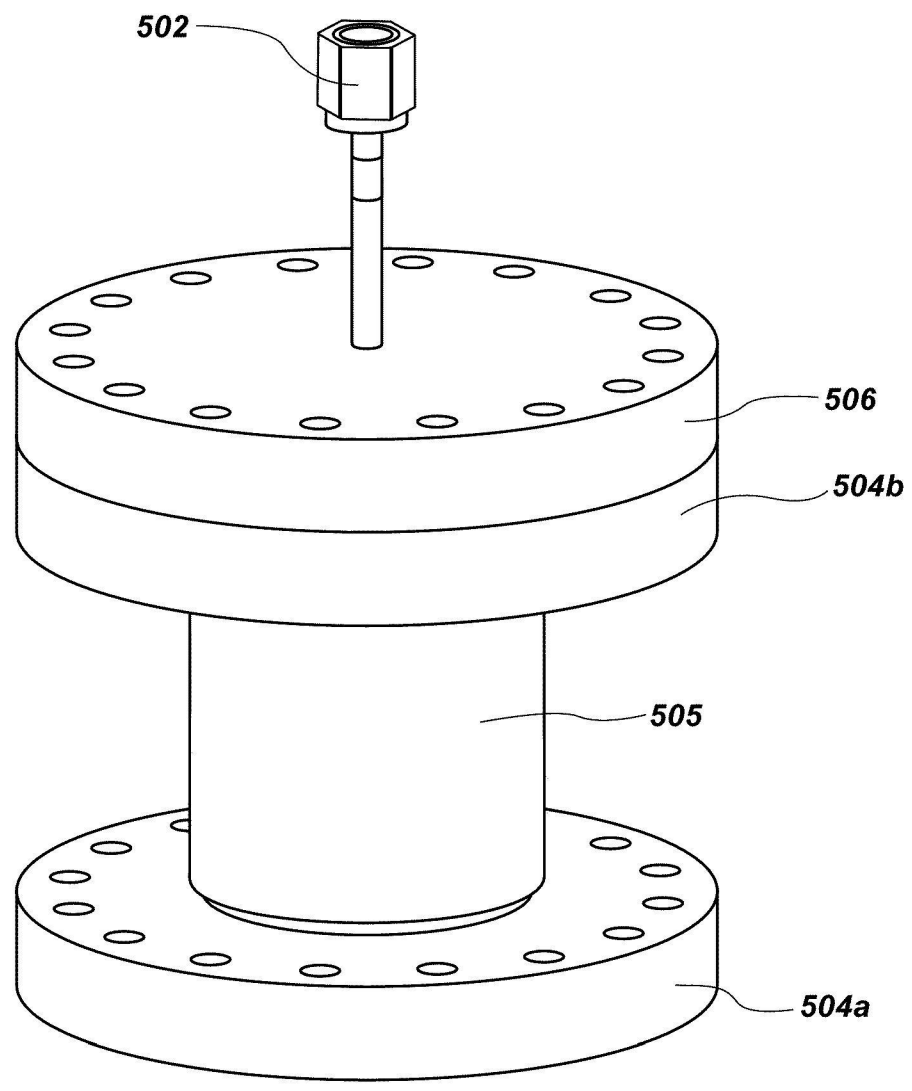
【圖13A】



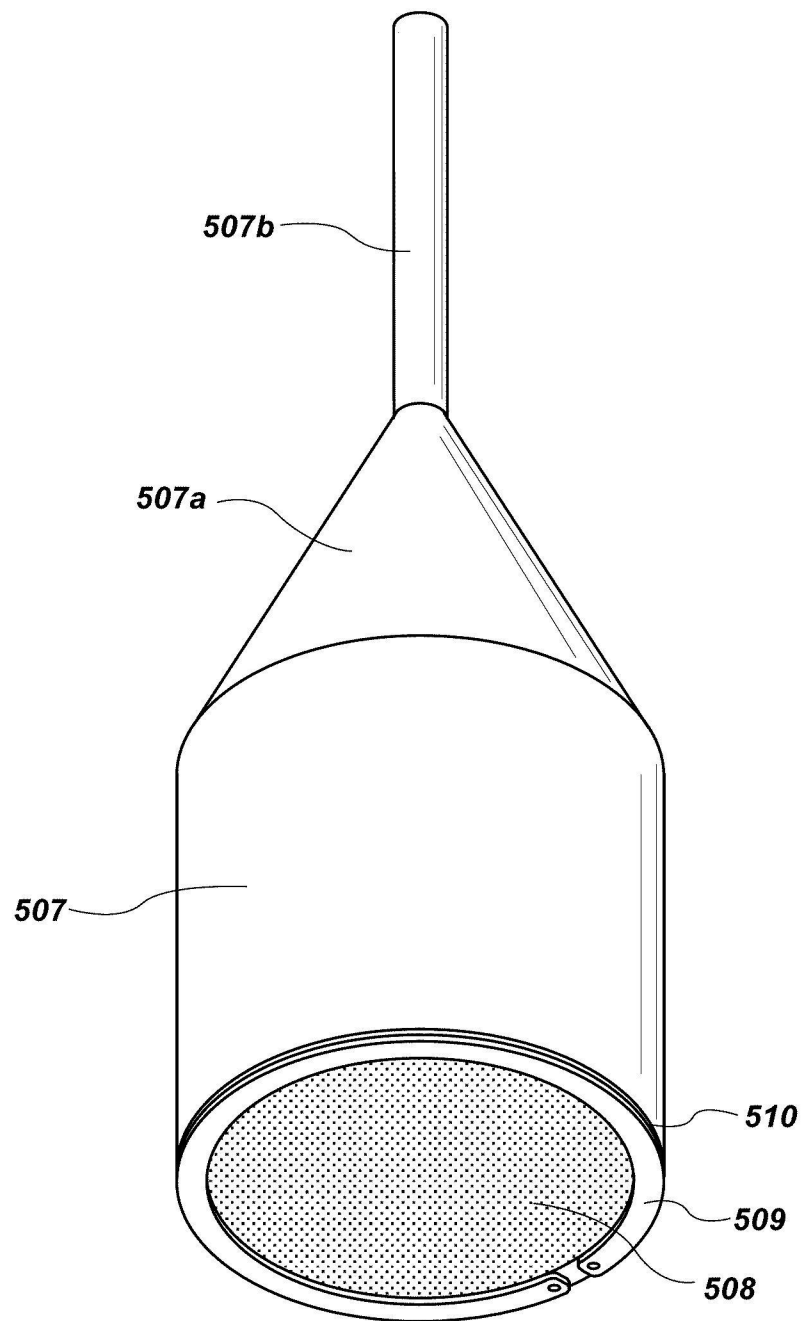
【圖13B】



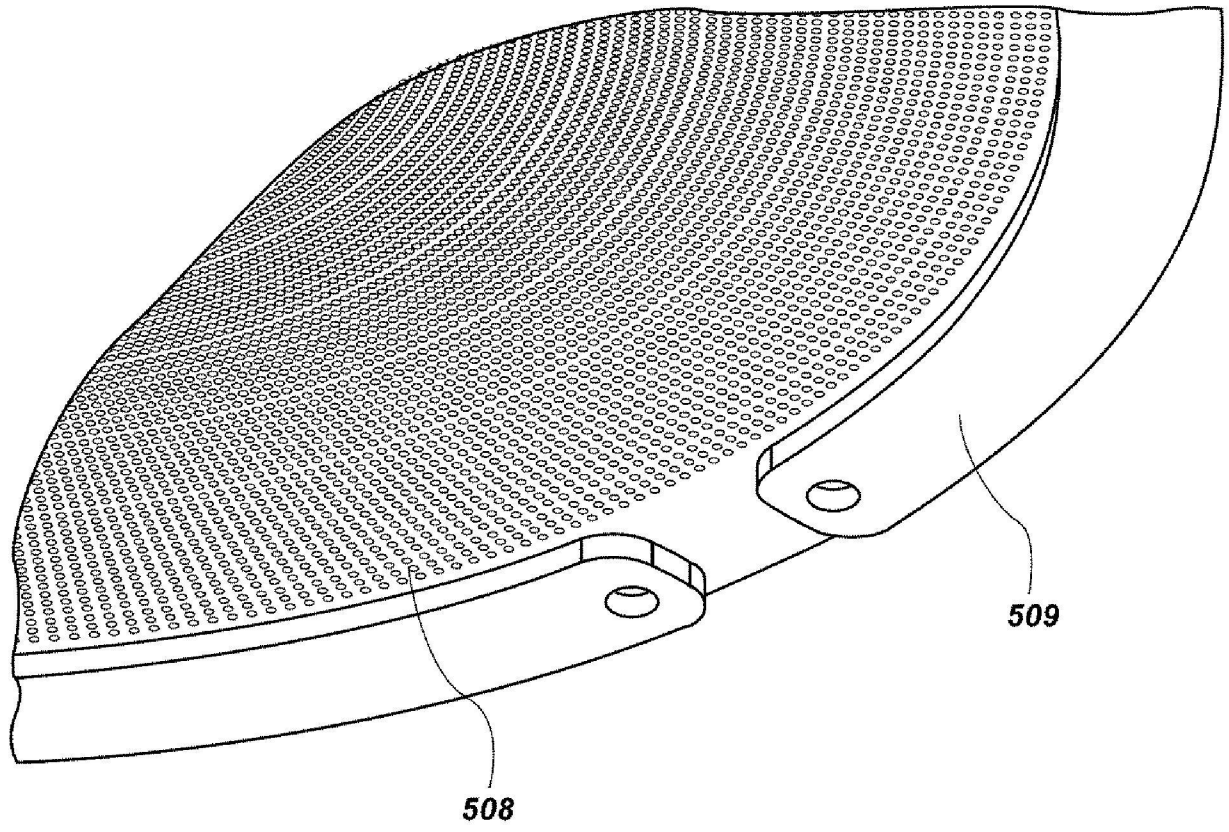
【圖13C】



【圖13D】



【圖13E】



【圖13F】