



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580040912.0

[43] 公开日 2007 年 10 月 31 日

[11] 公开号 CN 101065515A

[22] 申请日 2005. 10. 3

[21] 申请号 200580040912.0

[30] 优先权

[32] 2004. 11. 29 [33] US [31] 10/998,420

[32] 2004. 12. 9 [33] US [31] 11/007,962

[86] 国际申请 PCT/US2005/035583 2005. 10. 3

[87] 国际公布 WO2006/057710 英 2006. 6. 1

[85] 进入国家阶段日期 2007. 5. 29

[71] 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 铃木健二 以马利·盖德帝

格利特·J·莱乌辛克 原正道

黑岩大祐

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限
责任公司

代理人 李 剑

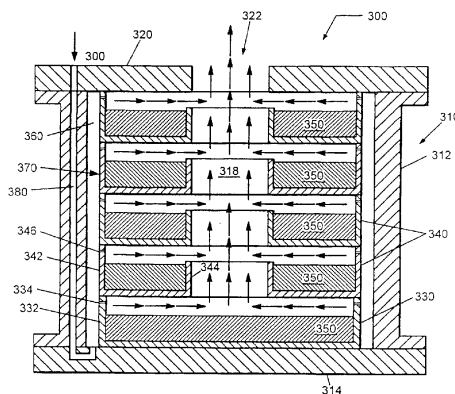
权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图 5 页

[54] 发明名称

包括可置换可堆叠盘的固态前驱体传输系统

[57] 摘要

本发明描述了用于与高传导率蒸汽传输系统耦合的多盘固态前驱体蒸发系统(50、150、300、300')的可置换前驱体盘,其用于通过增大固态前驱体的暴露表面积来增大沉积速率。多盘固态前驱体蒸发系统(50、150、300、300')被配置为耦合到薄膜沉积系统(1、100)的处理室(10、110),并且包括基座盘(330)以及一个或多个可堆叠上部盘(340)。每个盘(330、340)被配置为支撑并保持例如固态粉末形式或固态片形式的膜前驱体(350)。另外,每个盘(330、340)被配置为在加热膜前驱体(350)的同时提供膜前驱体(350)上方的载气的高传导率流动。例如,载气在膜前驱体(350)上方向内流动,并且垂直地向上经过可堆叠盘(370、370')内部的流动通道(318),并经过固态前驱体蒸发系统(50、150、300、300')中的出口(322)。



1. 一种用在膜前驱体蒸发系统中的可置换膜前驱体支撑组件，其中，所述膜前驱体蒸发系统包括具有外容器壁和底部的容器以及被配置为可密封地耦合到所述容器的盖，所述盖包括被配置为可密封地耦合到处理室的出口，所述处理室被配置为在衬底上沉积薄膜，所述组件包括：

可置换盘，所述可置换盘被配置为支撑膜前驱体，并且在所述膜前驱体蒸发系统中与一个或多个额外可堆叠盘相堆叠，

其中所述可置换盘包括被配置为在其间保持所述膜前驱体的可堆叠外壁和内壁，并且所述可置换盘包括所述可堆叠外壁中的一个或多个盘开口，所述盘开口被配置为使来自载气供应系统的载气在所述膜前驱体上方和所述内壁上方朝向所述容器的中心流动，以与膜前驱体蒸汽一同经过所述盖中的所述出口排出。

2. 如权利要求 1 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述可置换盘支撑金属前驱体。

3. 如权利要求 1 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述可置换盘支撑固态前驱体。

4. 如权利要求 3 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述固态前驱体包括固态粉末形式。

5. 如权利要求 3 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述固态前驱体包括固态片形式。

6. 如权利要求 1 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述可置换盘支撑羰基金属膜前驱体。

7. 如权利要求 6 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述羰基金属膜前驱体包括 $W(CO)_6$ 、 $Mo(CO)_6$ 、 $Co_2(CO)_8$ 、 $Rh_4(CO)_{12}$ 、 $Re_2(CO)_{10}$ 、 $Cr(CO)_6$ 、 $Ru_3(CO)_{12}$ 或 $Os_3(CO)_{12}$ 。

8. 如权利要求 1 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述可置换盘是圆柱形的，具有所述内壁处的内直径和所述可堆叠外壁处的外直径。

9. 如权利要求 8 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述可堆叠外

壁处的外直径范围从所述外容器壁的内直径的约 75%到约 99%。

10. 如权利要求 8 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述可堆叠外壁的外直径范围从所述外容器壁的内直径的约 85%到约 99%。

11. 如权利要求 8 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述内壁处的内直径范围从约 1cm 到约 30cm。

12. 如权利要求 8 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述内壁处的内直径范围从约 5cm 到约 20cm。

13. 如权利要求 1 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述一个或多个盘开口包括一个或多个缝隙。

14. 如权利要求 1 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述一个或多个盘开口包括一个或多个圆形孔。

15. 如权利要求 14 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述一个或多个圆形孔中的每一个的直径范围从约 0.4 到约 1mm。

16. 如权利要求 14 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述一个或多个圆形孔的数目范围从 2 到 1000 个孔。

17. 如权利要求 14 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述一个或多个圆形孔的数目范围从 50 到 100 个孔。

18. 如权利要求 1 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述可置换盘的所述可堆叠外壁的高度范围从约 5mm 到约 50mm。

19. 如权利要求 18 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述可置换盘的所述内壁的高度小于所述可堆叠外壁的高度。

20. 如权利要求 19 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述内壁的高度范围从所述可堆叠外壁的高度的约 10%到约 90%。

21. 如权利要求 1 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述可置换盘支撑膜前驱体，并且所述可置换盘中所述膜前驱体的深度最高约 40mm，并且小于所述内壁的高度。

22. 如权利要求 21 所述的可置换膜前驱体支撑组件，其中所述可置换盘中所述膜前驱体的深度最高约 15mm。

包括可置换可堆叠盘的固态前驱体传输系统

相关申请的交叉引用

本申请是 2004 年 11 月 29 日提交的题为“Multi-Tray Film Precursor Evaporation System And Thin Film Deposition System Incorporating Same”的未决美国专利申请 No. 10/998,420（律师案卷号 no. TTCA-007）的部分继续申请（Continuation-in-Part），该申请的内容通过引用整体结合于此。本申请还与与本申请同日提交的题为“Method For Preparing Solid Precursor Tray For Use In Solid Precursor Evaporation System”的未决美国专利申请 No. 11/007,961（律师案卷号 no. TTCA-011）有关，该申请的内容通过引用整体结合于此。

技术领域

本发明涉及用于薄膜沉积的系统，更具体而言，涉及用在薄膜沉积系统的膜前驱体蒸发系统中的可置换膜前驱体支撑组件。

背景技术

将铜（Cu）金属引入到用于制造集成电路的多层金属化方案中可能必须使用扩散阻挡层/衬垫，以促进 Cu 层的粘附和生长并防止 Cu 扩散到介电材料中。沉积到介电材料上的扩散阻挡层/衬垫可包括折射材料，例如钨（W）、钼（Mo）和钽（Ta），其是非反应性的并且与 Cu 不相溶，并且可以提供低电阻率。集成 Cu 金属化和介电材料的当前的集成方案可能要求在约 400°C 和约 500°C 之间（或更低）的衬底温度下进行阻挡层/衬垫沉积处理。

例如，用于小于或等于 130nm 的技术节点的 Cu 集成方案当前采用低介电常数（低 k）层间电介质，接着是物理气相沉积（PVD）TaN 层和 Ta 阻挡层，接着是 PVD Cu 晶种层和电化学沉积（ECD）Cu 填充。一般来

说，选择 Ta 层是由于其粘附属性（即，能够粘附在低 k 膜上的能力），选择 Ta/TaN 层一般是由于其阻挡属性（即，能够防止 Cu 扩散到低 k 膜中的能力）。

如上所述，已经进行了显著的努力来研究并实现薄过渡金属层作为 Cu 扩散阻挡层，这些研究包括诸如铬、钽、钼和钨之类的材料。这些材料中的每一种都表现出与 Cu 的低混溶性。最近，其他材料，例如钌（Ru）和铑（Rh）已被识别为潜在的阻挡层，因为人们预期其性能类似于传统的难熔金属。然而，Ru 或 Rh 的使用可以允许只使用一层阻挡层，而不是两层（例如 Ta/TaN）。这一结果是由于这些材料的粘附和阻挡属性。例如，一个 Ru 层可以替代 Ta/TaN 阻挡层。而且，当前的研究表明一个 Ru 层还可以替代 Cu 晶种层，并且块 Cu 填充物可以在 Ru 沉积之后直接进行。这一结果是由于 Cu 和 Ru 层之间良好的粘附。

传统上，Ru 层可以通过在热化学气相沉积（TCVD）工艺中热分解诸如羰基钌前驱体之类的含钌前驱体来形成。当衬底温度降低到低于约 400°C 时，通过羰基金属前驱体（例如 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ ）的热分解沉积的 Ru 层的材料属性可能恶化。结果，低沉积温度下 Ru 层的电阻率的增加和差的表面形态（例如，结核的形成）已被认为是增加了在热沉积的 Ru 层中 CO 反应副产物的结合的结果。这两种效应都可以由在低于约 400°C 的衬底温度下从羰基钌前驱体的热分解解吸附 CO 速率的减小来解释。

另外，诸如羰基钌之类的羰基金属的使用可能导致低沉积速率，这是由于其低蒸汽压以及与之相关联的运输问题。总而言之，发明人已经观察到，当前的沉积系统速率很低，从而使得这种金属膜的沉积不太实用。

发明内容

本发明提供了一种用在薄膜沉积系统的膜前驱体蒸发系统中的可置换膜前驱体支撑组件，用于通过增大膜前驱体的暴露表面积来增大沉积速率。为此，前驱体支撑组件包括可置换盘，该可置换盘被配置为支撑膜前驱体，并且在膜前驱体蒸发系统中与一个或多个额外可堆叠盘相堆叠。可置换盘包括被配置为在其间保持膜前驱体的可堆叠外壁和内壁以及可堆叠

外壁中的一个或多个盘开口，所述盘开口被配置为使来自载气供应系统的载气在膜前驱体上方和内壁上方朝向容器中心流动，以与膜前驱体蒸汽一同经过膜前驱体蒸发系统的盖中的出口排出，从而传输到薄膜沉积系统的处理室。

附图说明

在附图中：

图 1 示出了根据本发明实施例的沉积系统的示意图；

图 2 示出了根据本发明另一实施例的沉积系统的示意图；

图 3 表示根据本发明实施例的膜前驱体蒸发系统的横截面图；

图 4 表示用在根据本发明实施例的膜前驱体蒸发系统中的底部盘的横截面图；

图 5A 表示用在根据本发明实施例的膜前驱体蒸发系统中的可堆叠上部盘（upper tray）的横截面图；

图 5B 表示图 5A 的盘的透视图；

图 6 表示根据本发明另一实施例的膜前驱体蒸发系统的透视图；以及

图 7 图示了操作本发明的膜前驱体蒸发系统的方法。

具体实施方式

在下面的描述中，为了帮助对本发明的全面理解并且出于说明而非限制的目的，给出了具体细节，例如沉积系统的特定几何形状以及各种组件的描述。然而，应当理解，在脱离这些具体细节的其他实施例中也可实施本发明。

现在参考附图，附图中相似的标号在所有附图中指代相同或相应的部分，图 1 图示了根据一个实施例用于在衬底上沉积诸如钌（Ru）或铼（Re）金属膜之类的薄膜的沉积系统 1。沉积系统 1 包括具有衬底夹持器 20 的处理室 10，衬底夹持器 20 被配置为支撑在其上形成薄膜的衬底 25。处理室 10 经由蒸汽前驱体传输系统 40 耦合到膜前驱体蒸发系统 50。

处理室 10 还通过导管 36 耦合到真空泵系统 38，其中泵系统 38 被配

置为将处理室 10、蒸汽前驱体传输系统 40 和膜前驱体蒸发系统 50 抽空到适于在衬底 25 上形成薄膜并且适于膜前驱体蒸发系统 50 中膜前驱体（未示出）的蒸发的压强。

仍然参考图 1，膜前驱体蒸发系统 50 被配置为存储膜前驱体，并且将膜前驱体加热到足以使膜前驱体蒸发的温度，同时将气相膜前驱体引入到蒸汽前驱体传输系统 40。如下面将参考图 3-6 更详细地讨论的，膜前驱体可以例如包括固态膜前驱体。另外，例如，膜前驱体可包括固态金属前驱体。另外，例如，膜前驱体可包括羰基金属。例如，羰基金属可包括羰基钌（ $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ ）或羰基铼（ $\text{Re}_2(\text{CO})_{10}$ ）。另外，例如，羰基金属可包括 $\text{W}(\text{CO})_6$ 、 $\text{Mo}(\text{CO})_6$ 、 $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ 、 $\text{Rh}_4(\text{CO})_{12}$ 、 $\text{Cr}(\text{CO})_6$ 或 $\text{Os}_3(\text{CO})_{12}$ 。

为了获得用于使膜前驱体蒸发（或使固态金属前驱体升华）的期望温度，膜前驱体蒸发系统 50 耦合到被配置为控制蒸发温度的蒸发温度控制系统 54。例如，在传统系统中膜前驱体的温度一般被升高到约 40-45°C，以使羰基钌升华。在此温度下，羰基钌的蒸汽压范围例如从约 1 到约 3mTorr。随着膜前驱体被加热到引起蒸发（或升华），载气可以被传送经过膜前驱体上方或经过膜前驱体的旁边。载气可以例如包括诸如稀有气体（即，He、Ne、Ar、Kr、Xe）之类的惰性气体或诸如 CO 之类的一氧化物，以与羰基金属一起使用，或包括其混合物。例如，载气供应系统 60 耦合到膜前驱体蒸发系统 50，并且其例如被配置为经由馈送管线 61 在膜前驱体上方提供载气。在另一示例中，载气供应系统 60 耦合到蒸汽前驱体传输系统 40，并且被配置为在膜前驱体的蒸汽进入蒸汽前驱体传输系统 40 时或进入之后经由馈送管线 63 向膜前驱体的蒸汽提供载气。尽管未示出，但是载气供应系统 60 可包括气体源、一个或多个控制阀、一个或多个过滤器以及质量流量控制器。例如，载气的流率范围可以从约 5sccm（每分钟标准立方厘米）到约 1000sccm。例如，载气的流率范围可以从约 10sccm 到约 200sccm。作为又一示例，载气的流率范围可以从约 20sccm 到约 100sccm。

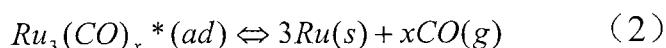
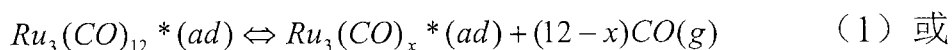
在膜前驱体蒸发系统 50 下游，膜前驱体蒸汽随着载气流经蒸汽前驱体传输系统 40，直到其进入耦合到处理室 10 的蒸发分配系统 30。蒸汽前

驱体传输系统 40 可以耦合到蒸汽管线温度控制系统 42，以控制蒸汽管线温度并防止膜前驱体的分解以及膜前驱体蒸汽的冷凝。例如，蒸汽管线温度可被设为约等于或大于蒸发温度的值。另外，例如，蒸汽前驱体传输系统 40 可以具有超过约 50 公升/秒的高传导率。

再次参考图 1，耦合到处理室 10 的蒸汽分配系统 30 包括蒸汽分配空间 32，蒸汽在经过蒸汽分配板 34 并进入衬底 25 上方的处理区 33 之前在蒸汽分配空间 32 内分散。另外，蒸汽分配板 34 可以耦合到被配置为控制蒸汽分配板 34 的温度的分配板温度控制系统 35。例如，蒸汽分配板的温度可被设为约等于蒸汽管线温度的值。然而，其可以更小或者更大。

一旦膜前驱体蒸汽进入了处理区 33，膜前驱体蒸汽就会在吸附在衬底表面时由于衬底 25 升高的温度而发生热分解，并且在衬底 25 上形成薄膜。衬底夹持器 20 被配置为利用耦合到衬底夹持器 20 的衬底温度控制系统 22 升高衬底 25 的温度。例如，衬底温度控制系统 22 可被配置为将衬底 25 的温度升至高达约 500°C。在一个实施例中，衬底温度范围可以从约 100°C 到约 500°C。在另一实施例中，衬底温度范围可以从约 300°C 到约 400°C。另外，处理室 10 可以耦合到被配置为控制室壁的温度的室温控制系统 12。

例如，如上所述，传统系统已经考虑到对于羰基钌，将膜前驱体蒸发系统 50 以及蒸汽前驱体传输系统 40 运行在约为 40-45°C 的温度范围内，以限制金属蒸汽前驱体分解和金属蒸汽前驱体冷凝。例如，羰基钌前驱体可以在较高温度下分解以形成副产物，例如下式中所示的那些：



其中这些副产物可以吸附（即冷凝）在沉积系统 1 的内表面上。材料在这些表面上的累积可以引起衬底与衬底之间的诸如工艺可重复性之类的问题。或者，例如，羰基钌前驱体可以在较低温度下冷凝以引起再结晶，即



然而，在这种具有小工艺窗口的系统内，部分由于羰基钌的低蒸汽

压，导致沉积速率变得极低。例如，沉积速率可以低至约每分钟 1 埃。因此，根据一个实施例，蒸发温度被升高到大于或等于约 40°C。或者，蒸发温度被升高到大于或等于约 50°C。在本发明的示例性实施例中，蒸发温度被升高到大于或等于约 60°C。在又一示例性实施例中，蒸发温度被升高到约 60-100°C 的范围，例如在约 60-90°C 内。由于较高的蒸汽压，升高的温度增大了蒸发速率（例如，变大了接近一个数量级），因而，发明人预期增大沉积速率。然而，现在可能理想的是，在一个或多个衬底之后周期性地清洗沉积系统 1。例如，额外细节可以从与本申请同日提交的题为“Method and System for Performing In-situ Cleaning of a Deposition System”的未决美国专利申请 No. 10/998,394 中获得，该申请的全部内容通过引用结合于此。

如上所述，沉积速率正比于被蒸发并在分解或冷凝或分解冷凝之前输运到衬底的膜前驱体的量。因此，为了获得期望的沉积速率并对于不同衬底维持恒定的处理性能（即，沉积速率、膜厚、膜均匀性、膜形态等），提供监视、调节或控制膜前驱体蒸汽的流率的能力是很重要的。在传统系统中，操作者可以利用蒸发温度以及蒸发温度和流率之间的预定关系间接确定膜前驱体蒸汽的流率。然而，处理和其性能随时间漂移，因而迫切需要更加精确地测量流率。例如，额外细节可以从与本申请同日提交的题为“Method and System for Measuring a Flow Rate in a Solid Precursor Delivery System”的未决美国专利申请 No. 10/998,393 中获得，该申请的全部内容通过引用结合于此。

仍然参考图 1，沉积系统 1 还可包括被配置为运行和控制沉积系统 1 的运行的控制系统 80。控制系统 80 耦合到处理室 10、衬底夹持器 20、衬底温度控制系统 22、室温控制系统 12、蒸汽分配系统 30、蒸汽前驱体传输系统 40、膜前驱体蒸发系统 50 和载气供应系统 60。

在另一示例中，图 2 图示了用于在衬底上沉积诸如钌（Ru）或铼（Re）金属膜之类的薄膜的沉积系统 100。沉积系统 100 包括具有衬底夹持器 120 的处理室，衬底夹持器 120 被配置为支撑在其上形成薄膜的衬底 125。处理室 110 耦合到前驱体传输系统 105，前驱体传输系统 105 具有被

配置为存储膜前驱体（未示出）并使其蒸发的膜前驱体蒸发系统 150 和被配置为输运膜前驱体蒸汽的蒸汽前驱体传输系统 140。

处理室 110 包括上室部分 111、下室部分 112 和排气室 113。开口 114 形成在下室部分 112 内，而底部 112 在此与排气室 113 相耦合。

仍然参考图 2，衬底夹持器 120 提供支撑待处理的衬底（或晶片）125 的水平表面。衬底夹持器 120 可由圆柱形支撑构件 122 支撑，支撑构件 122 从排气室 113 的下部向上延伸。用于在衬底夹持器 120 上定位衬底 125 的可选引导环 124 提供在衬底夹持器 120 的边缘处。此外，衬底夹持器 120 包括耦合到衬底夹持器温度控制系统 128 的加热器 126。加热器 126 可以例如包括一个或多个电阻加热元件。或者，加热器 126 可以例如包括辐射加热系统，例如钨-卤素灯。衬底夹持器温度控制系统 128 可包括用于向一个或多个加热元件提供功率的功率源、用于测量衬底温度或衬底夹持器温度或这两者的一个或多个温度传感器、以及被配置为执行监视、调节或控制衬底或衬底夹持器的温度中的至少一种操作的控制器。

在处理期间，被加热的衬底 125 可以热分解诸如羰基金属前驱体之类的膜前驱体蒸汽的蒸汽，从而能够在衬底 125 上沉积诸如金属层之类的薄膜。根据一个实施例，膜前驱体包括固态前驱体。根据另一实施例，膜前驱体包括金属前驱体。根据另一实施例，膜前驱体包括固态金属前驱体。根据又一实施例，膜前驱体包括羰基金属前驱体。根据又一实施例，膜前驱体可以是羰基钌前驱体，例如 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 。根据本发明的又一实施例，膜前驱体可以是羰基铼前驱体，例如 $\text{Re}_2(\text{CO})_{10}$ 。热化学气相沉积领域的技术人员将意识到，也可使用其他羰基钌前驱体和羰基铼前驱体，而不脱离本发明的范围。在又一实施例中，膜前驱体可以是 $\text{W}(\text{CO})_6$ 、 $\text{Mo}(\text{CO})_6$ 、 $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ 、 $\text{Rh}_4(\text{CO})_{12}$ 、 $\text{Cr}(\text{CO})_6$ 或 $\text{Os}_3(\text{CO})_{12}$ 。衬底夹持器 120 被加热到某一预先确定的温度，该温度适于将期望的 Ru、Re 或其他金属层沉积到衬底 125 上。另外，耦合到室温控制系统 121 的加热器（未示出）可以嵌入在处理室 110 的壁内以将室壁加热到预定温度。加热器可以将处理室 110 的壁温维持在从约 40°C 到约 100°C 的范围，例如从约 40°C 到约 80°C 的范围。压力计（未示出）被用于测量处理室压强。

另外如图 2 所示, 蒸汽分配系统 130 耦合到处理室 110 的上室部分 111。蒸汽分配系统 130 包括蒸汽分配板 131, 蒸汽分配板 131 被配置为将前驱体蒸汽从蒸汽分配空间 132 经过一个或多个孔 134 引入到衬底 125 上方的处理区 133。

此外, 在上室部分 111 中提供有开口 135, 用于将来自蒸汽前驱体传输系统 140 的蒸汽前驱体引入到蒸汽分配空间 132 中。而且, 提供了温度控制元件 136, 例如被配置为使被冷却或加热流体流动的同轴流体通道, 其用于控制蒸汽分配系统 130 的温度, 从而防止蒸汽分配系统 130 内膜前驱体的分解。例如, 诸如水之类的流体可被从蒸汽分配温度控制系统 138 提供给流体通道。蒸汽分配温度控制系统 138 可包括流体源、热交换器、用于测量流体温度或蒸汽分配板温度或这两者的一个或多个温度传感器、以及被配置为将蒸汽分配板 131 的温度控制在从约 20°C 到约 100°C 的控制器。

膜前驱体蒸发系统 150 被配置为保存膜前驱体并通过升高膜前驱体的温度而使膜前驱体蒸发(或升华)。前驱体加热器 154 被提供用于加热膜前驱体以将膜前驱体维持在产生期望的膜前驱体的蒸汽压的温度下。前驱体加热器 154 耦合到被配置为控制膜前驱体的温度的蒸发温度控制系统 156。例如, 前驱体加热器 154 可被配置为调节膜前驱体的温度(或蒸发温度)使之大于或等于约 40°C。或者, 蒸发温度被升高到大于或等于约 50°C。例如, 蒸发温度被升高到大于或等于约 60°C。在一个实施例中, 蒸发温度被升高到约 60-100°C 的范围内, 在另一实施例中, 升高到约 60-90°C 的范围内。

随着膜前驱体被加热到引起蒸发(或升华), 载气可以被传送经过膜前驱体上方或经过膜前驱体旁边。载气可以例如包括诸如稀有气体(即, He、Ne、Ar、Kr、Xe)之类的惰性气体或诸如 CO 之类的一氧化物, 以及与羰基金属一起使用, 或包括其混合物。例如, 载气供应系统 160 耦合到膜前驱体蒸发系统 150, 并且其例如被配置为在膜前驱体上方提供载气。尽管未在图 2 中示出, 但是载气供应系统 160 还可以耦合到蒸汽前驱体传输系统 140 以在膜前驱体的蒸汽进入蒸汽前驱体传输系统 140 时或进入之

后向膜前驱体的蒸汽提供载气。载气供应系统 160 可包括气体源 161、一个或多个控制阀 162、一个或多个过滤器 164 以及质量流量控制器 165。例如，载气的流率范围可以从约 5sccm（每分钟标准立方厘米）到约 1000sccm。在一个实施例中，载气的流率范围可以从约 10sccm 到约 200sccm。在另一实施例中，载气的流率范围可以从约 20sccm 到约 100sccm。

另外，传感器 166 被提供用于测量来自膜前驱体蒸发系统 150 的总气体流。传感器 166 可以例如包括质量流量控制器，并且传输到处理室 110 的膜前驱体的量可以利用传感器 166 和质量流量控制器 165 确定。或者，传感器 166 可包括测量到处理室 110 的气体流中的膜前驱体的浓度的光吸收传感器。

旁路管线 167 可以定位在传感器 166 下游，并且其可以将蒸汽传输系统 140 连接到排气管线 116。旁路管线 167 被提供用于抽空蒸汽前驱体传输系统 140，并稳定到处理室 110 的膜前驱体的供应。另外，在旁路管线 167 上提供有位于蒸汽前驱体传输系统 140 的分支的下游的旁路阀 168。

仍然参考图 2，蒸汽前驱体传输系统 140 包括分别具有第一和第二阀 141 和 142 的高传导率蒸汽管线。另外，蒸汽前驱体传输系统 140 还可包括被配置为经由加热器（未示出）加热蒸汽前驱体传输系统 140 的蒸汽管线温度控制系统 143。蒸汽管线的温度可被控制为避免蒸汽管线中膜前驱体的冷凝的温度。蒸汽管线的温度可被控制在从约 20°C 到约 100°C 的范围内，或者从约 40°C 到约 90°C 的范围内。例如，蒸汽管线温度可被设为约等于或大于蒸发温度的值。

而且，可以从稀释气体供应系统 190 提供稀释气体。稀释气体可以例如包括诸如稀有气体（即，He、Ne、Ar、Kr、Xe）之类的惰性气体或诸如 CO 之类的一氧化物，以及与羰基金属一起使用，或包括其混合物。例如，稀释气体供应系统 190 耦合到蒸汽前驱体传输系统 140，并且其例如被配置为向蒸汽膜前驱体提供稀释气体。稀释气体供应系统 190 可包括气体源 191、一个或多个控制阀 192、一个或多个过滤器 194 以及质量流量控制器 195。例如，载气的流率范围可以从约 5sccm（每分钟标准立方厘

米) 到约 1000sccm。

质量流量控制器 165 和 195、以及阀 162、192、168、141 和 142 由控制器 196 控制, 控制器 196 控制载气、膜前驱体蒸汽和稀释气体的供应、切断和流动。传感器 166 也连接到控制器 196, 并且基于传感器 166 的输出, 控制器 196 可以控制经过质量流量控制器 165 的载气流, 以获得到处理室 110 的期望膜前驱体流。

如图 2 所示, 排气管线 116 将排气室 113 连接到泵系统 118。真空泵 119 被用于将处理室 110 抽空到期望的真空度, 并在处理期间从处理室 110 中去除气体物质。自动压强控制器 (APC) 115 和阱 117 可以与真空泵 119 串联使用。真空泵 119 可包括泵速能高达 5000 公升每秒 (以及更大) 的涡轮分子泵 (TMP)。或者, 真空泵 119 可包括干燥粗抽泵。在处理期间, 载气、稀释气体、或膜前驱体蒸汽或其任意组合可被引入到处理室 110 中, 并且室压强可由 APC 115 调节。例如, 室压强范围可以从约 1mTorr 到约 500mTorr, 在又一示例中, 室压强范围可以从约 5mTorr 到约 50mTorr。APC 115 可包括蝶形阀或门阀。阱 117 可以收集来自处理室 110 的未反应的前驱体材料和副产物。

返回到处理室 110 中的衬底夹持器 120, 如图 2 所示, 三个衬底抬升钉 127 (只示出了两个) 被提供用于保持、提升和降低衬底 125。衬底抬升钉 127 耦合到板 123, 并且可被降低到低于衬底夹持器 120 的上表面。例如采用气筒的驱动机构 129 提供了用于提升和降低板 123 的装置。衬底 125 可以经由机械转移系统 (未示出) 经过门阀 200 和室馈通通路 202 移入和移出处理室 110, 并被衬底抬升钉 127 接收。一旦从转移系统接收到衬底 125, 就可以通过降低衬底抬升钉 127 将其降低到衬底夹持器 120 的上表面。

再次参考图 2, 控制器 180 包括微处理器、存储器和数字 I/O 端口, 数字 I/O 端口能够生成足以传输并激活到处理系统 100 的输入以及监视来自处理系统 100 的输出的控制电压。而且, 处理系统控制器 180 耦合到处理室 110; 包括控制器 196、蒸汽管线温度控制系统 143 和蒸发温度控制系统 156 的前驱体传输系统 105; 蒸汽分配温度控制系统 138; 真空泵系

统 118；以及衬底夹持器温度控制系统 128，并与这些系统交换信息。在真空泵系统 118 中，控制器 180 耦合到用于控制处理室 110 中的压强的自动压强控制器 115 并与之交换信息。存储在存储器中的程序被用于根据存储的工艺方案控制沉积系统 100 的前述组件。处理系统控制器 180 的一个示例是可以从 Texas, Dallas 的 Dell Corporation 得到的 DELL PRECISION WORKSTATION 610™。控制器 180 还可以实现为通用计算机、数字信号处理器等等。

控制器 180 可以位于沉积系统 100 本地，或者可以位于沉积系统 100 远处，经由因特网或内联网通信。从而，控制器 180 可以利用直接连接、内联网或因特网中的至少一种与沉积系统 100 交换数据。控制器 180 可以耦合到客户位置（即，器件制作者等）处的内联网，或者耦合到供应商位置（即，设备制造商）处的内联网。此外，另一计算机（即，控制器、服务器等）可以经由直接连接、内联网或因特网中的至少一种访问控制器 180 以交换数据。

现在参考图 3，根据实施例以横截面图形式示出了膜前驱体蒸发系统 300。膜前驱体蒸发系统 300 包括具有外壁 312 和底部 314 的容器 310。另外，膜前驱体蒸发系统 300 包括被配置为可密封地耦合到容器 310 的盖 320，其中盖 320 包括被配置为可密封地耦合到薄膜沉积系统（例如图 1 或 2 中所示的系统）的处理室的出口 322。容器 310 和盖 320 在耦合到薄膜沉积系统时形成了密封环境。容器 310 和盖 320 可以例如以 A6061 铝制造，并且可包括涂覆在其上的涂层，也可以不包括涂层。

此外，容器 310 被配置为耦合到加热器（未示出）以升高膜前驱体蒸发系统 300 的蒸发温度，并耦合到温度控制系统（未示出）以执行监视、调节或控制蒸发温度中的至少一种操作。当蒸发温度被升高到如前所述的适当值时，膜前驱体蒸发（或升华），从而形成将经过蒸汽传输系统被运输到薄膜沉积系统的处理室的膜前驱体蒸汽。容器 310 还可密封地耦合到载气供应系统（未示出），其中容器 310 被配置为接收用于运输膜前驱体蒸汽的载气。

仍然参考图 3 并参考图 4，膜前驱体蒸发系统 300 还包括基座盘

330, 基座盘 330 被配置为安放在容器 310 的底部 314 上, 并且具有被配置为在基座盘 330 上保持膜前驱体 350 的基座外壁 332。基座外壁 332 包括用于支撑其上的上部盘的基座支撑边缘 333, 如下所述。此外, 基座外壁 332 包括一个或多个基座盘开口 334, 这一个或多个基座盘开口 334 被配置为使来自载气供应系统(未示出)的载气经过膜前驱体 350 上方向容器 310 的中心流动, 并且沿着中央流动通道 318, 经过盖 320 中的出口 322 与膜前驱体蒸汽一同排出。因此, 基座盘 330 中的膜前驱体水平应当低于基座盘开口 334 的位置。

仍然参考图 3, 并参考图 5A 和 5B, 膜前驱体蒸发系统 300 还包括一个或多个可堆叠上部盘 340, 这一个或多个可堆叠上部盘 340 被配置为支撑膜前驱体 350, 并被配置为位于或堆叠在基座盘 330 或另一个可堆叠上部盘 340 中的至少一个上。每个可堆叠上部盘 340 包括被配置为在其间保持膜前驱体 350 的上部外壁 342 和内壁 344。内壁 344 限定了中央流动通道 318。上部外壁 342 还包括用于支撑另一上部盘 340 的上部支撑边缘 343。从而, 第一上部盘 340 被定位于支撑在基座盘 330 的基座支撑边缘 333 上, 并且如果希望的话, 一个或多个额外上部盘可被定位于支撑在前一上部盘 340 的上部支撑边缘 343 上。每个上部盘 340 的上部外壁 342 包括一个或多个上部盘开口 346, 这一个或多个上部盘开口 346 被配置为使来自载气供应系统(未示出)的载气经过膜前驱体 350 上方朝向容器 310 的中央流动通道 318 流动, 并经过盖 320 中的出口 322 与膜前驱体蒸汽一同排出。因此, 内壁 344 应当比上部外壁 342 短, 以允许载气基本径向地向中央流动通道 318 流动。另外, 每个上部盘 340 中的膜前驱体水平应当处于或低于内壁 344 的高度, 并低于上部盘开口 346 的位置。

基座盘 330 和可堆叠上部盘 340 被示为圆柱形。然而, 形状可以变化。例如, 盘的形状可以是矩形、方形或椭圆形。类似地, 内壁 344 (从而中央上部流动通道 318) 可以有不同的形状。

当一个或多个可堆叠上部盘 340 被堆叠在基座盘 330 上时, 形成了堆栈 370, 其提供了基座盘 330 的基座外壁 332 和容器外壁 312 之间以及一个或多个可堆叠上部盘 340 的上部外壁 342 和容器外壁 312 之间的环形空

间 360。容器 310 还可以包括一个或多个间隔器（未示出），这一个或多个间隔器被配置为将基座盘 330 的基座外壁 332 和一个或多个可堆叠上部盘 340 的上部外壁 342 与容器外壁 312 相分隔，从而确保环形空间 360 内的等间隔。以另一种方式表述，在一个实施例中，容器 310 被配置为使得基座外壁 332 和上部外壁 342 处于垂直对齐。

包括基座盘和可堆叠上部盘在内的盘的数目的范围可以从二（2）到二十（20），例如在一个实施例中，盘的数目可以是五（5），如图 3 所示。在示例性实施例中，堆栈 370 包括基座盘 330 和由基座盘 330 支撑的至少一个上部盘 340。基座盘 330 可以如图 3 和 4 所示，或者可以具有与如图 3-5B 所示的上部盘 340 相同的构造。换句话说，基座盘 330 可以具有内壁。尽管在图 3-5B 中，堆栈 370 被示为包括基座盘 330 以及一个或多个可分离且可堆叠的上部盘 340，但是系统 300' 可包括具有这样的堆栈 370' 的容器 310'，该堆栈 370' 包括具有与一个或多个上部盘 340 一体的基座盘 330 的单一整体件，如图 6 所示，以使得基座外壁 332 和上部外壁 342 是一体的。“一体的”被理解为包括单片结构，例如在盘之间没有可辨别的边界的一体成型结构，以及在盘之间有永久连接的永久性粘合或机械接合的结构。“可分离的”被理解为在盘之间不包括连接，或者包括临时连接（粘合方式或机械方式）。

基座盘 330 和每个上部盘 340（无论是可堆叠的还是一体的）被配置为支撑膜前驱体 350。根据一个实施例中，膜前驱体 350 包括固态前驱体。根据另一实施例，膜前驱体 350 包括液态前驱体。根据另一实施例，膜前驱体 350 包括金属前驱体。根据另一实施例，膜前驱体 350 包括固态金属前驱体。根据又一实施例，膜前驱体 350 包括羰基金属前驱体。根据又一实施例，膜前驱体 350 可以是羰基钌前驱体，例如 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 。根据本发明的又一实施例，膜前驱体 350 可以是羰基铼前驱体，例如 $\text{Re}_2(\text{CO})_{10}$ 。在又一实施例中，膜前驱体 350 可以是 $\text{W}(\text{CO})_6$ 、 $\text{Mo}(\text{CO})_6$ 、 $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ 、 $\text{Rh}_4(\text{CO})_{12}$ 、 $\text{Cr}(\text{CO})_6$ 或 $\text{Os}_3(\text{CO})_{12}$ 。

如上所述，膜前驱体 350 可包括固态前驱体。固态前驱体可以采取固态粉末的形式，或者可以采取一个或多个固态片的形式。例如，这一个或

多个固态片可以通过若干工艺来准备，包括烧结工艺、冲压工艺、浸渍工艺、或旋涂工艺或其任意组合。另外，固态片形式的固态前驱体可以粘附到基座盘 330 或上部盘 340，也可以不粘附到基座盘 330 或上部盘 340。例如，难熔羰基金属粉末可以在被配置用于真空和惰性气体环境之一或这两者的烧结炉中在高达 2000°C 和 2500°C 的温度下烧结。烧结工艺可例如包括确定前驱体粉末的软化点，并在烧结工艺期间在该软化点或接近该软化点的温度下进行操作。或者，例如，难熔羰基金属粉末可以分散在散布在涂覆衬底（例如基座）上的液体介质（例如溶剂）中，并利用旋涂工艺均匀地在涂覆衬底的整个表面上分布。随后可以对旋涂涂层进行烘烤以使残留溶剂蒸发。或者，例如，难熔羰基金属粉末可以在液体（例如溶剂）浴中分散，并且可以将涂覆衬底浸入到浴中。涂覆衬底可包括固态板、杆、或多孔板，例如网格。此后，可以对涂覆衬底进行烘烤以使残留溶剂蒸发。涂覆衬底可以是基座盘 330 和/或上部盘 340，或者，可以是在其上准备了固态前驱体之后被置于基座盘 330 和/或上部盘 340 中的单独衬底。

如前所述，载气被从载气供应系统（未示出）提供给容器 310。如图 3 和 6 所示，载气可以经由可密封地耦合到盖 320 的载气供应管线（未示出）通过盖 320 耦合到容器 310。载气供应管线馈送气体通道 380，气体通道 380 向下延伸经过容器 310 的外壁 312，穿过容器 310 的底部 314，并向环形空间 360 开口。

再次参考图 3，容器外壁 312 的内直径的范围可例如从约 10cm 到约 100cm，并且可例如从约 15cm 到约 40cm。例如，外壁 312 的内直径可以是 20cm。出口 322 的直径和上部盘 340 的内壁 344 的内直径的范围可例如从约 1cm 到约 30cm，另外，例如，出口直径和内壁直径的范围可以从约 5 到约 20cm。例如，出口直径可以是 10cm。另外，基座盘 330 和每个上部盘 340 的外直径可以是容器 310 的外壁 312 的内直径的约 75% 到约 99%，并且例如，盘直径可以是容器 310 的外壁 312 的内直径的约 85% 到 99%。例如，盘直径可以是 19.75cm。另外，基座盘 330 的基座外壁 332 和每个上部盘 340 的上部外壁 342 的高度的范围可以从约 5mm 到约 50mm，并且例如，每一个的高度约为 30mm。另外，每个内壁 344 的高度可以是

上部外壁 342 的高度的约 10%到约 90%。例如，每个内壁的高度的范围可以从约 2mm 到约 45mm，并且例如约为 20mm。

再次参考图 3，一个或多个基座盘开口 334 和一个或多个上部盘开口 346 可包括一个或多个缝隙。或者，一个或多个基座盘开口 334 和一个或多个上部盘开口 346 可包括一个或多个圆形孔。每个孔的直径范围可以例如从约 0.4mm 到约 2mm。例如，每个孔的直径可以约为 1mm。在一个实施例中，孔直径和环形空间 360 的宽度被选择使得经过环形空间 360 的传导率充分大于孔的净传导率，以维持在环形空间 360 内载气的基本均匀分布。孔的数目范围可以例如从约 2 到约 1000 个孔，并且，作为又一示例，可以从约 50 到约 100 个孔。例如，一个或多个基座盘开口 334 可包括七十二（72）个 1mm 直径的孔，并且一个或多个可堆叠盘开口 346 可包括七十二（72）个 1mm 直径的孔，其中环形空间 360 的宽度约为 2.65mm。

膜前驱体蒸发系统 300 或 300'可用作图 1 中的膜前驱体蒸发系统 50 或图 2 中的膜前驱体蒸发系统 150。或者，系统 300 或 300'可用在适合于利用前驱体蒸汽在衬底上沉积薄膜的任何膜沉积系统中。

现在参考图 7，描述一种在衬底上沉积薄膜的方法。流程图 700 被用于图示在本发明的沉积系统中沉积薄膜的步骤。薄膜沉积开始于 710，在 710 将衬底置于沉积系统中以紧接着在衬底上形成薄膜。例如，沉积系统可包括上述图 1 和 2 中的沉积系统中的任何一种。沉积系统可包括适用于沉积处理的处理室和耦合到处理室并被配置为支撑衬底的衬底夹持器。然后，在 720 中，膜前驱体被引入到沉积系统。例如，膜前驱体被经由前驱体蒸汽传输系统引入到耦合到处理室的膜前驱体蒸发系统。另外，例如，前驱体蒸汽传输系统可被加热。

在 730 中，膜前驱体被加热以形成膜前驱体蒸汽。膜前驱体蒸汽随后可经过前驱体蒸汽传输系统被输运到处理室。在 740 中，衬底被加热到足以使膜前驱体蒸汽分解的衬底温度，并且在 750 中，衬底被暴露于膜前驱体蒸汽。步骤 710 到 750 可以连续重复进行期望次数以在期望数目的衬底上沉积金属膜。

在一个或多个衬底上沉积薄膜之后，在 760 中，盘堆栈 370 或 370'，或者基座盘或上部盘 330、340 中的一个或多个可以被周期性地置换以补充每个盘中膜前驱体 350 的水平。

尽管上面只详细描述了本发明的某些示例性实施例，但是本领域技术人员将很容易意识到，在示例性实施例中可以作出许多修改，而实质上不脱离本发明的新颖教导和优点。因此，所有这些修改都应当包括在本发明的范围内。

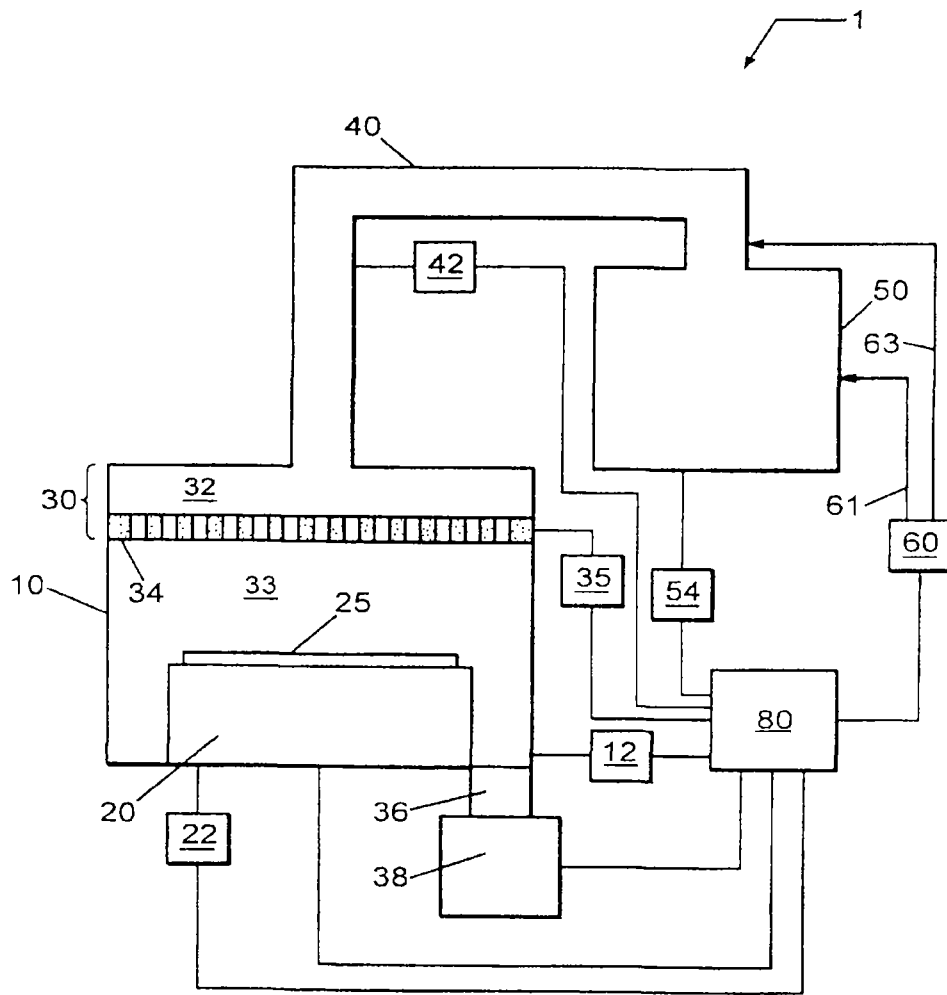


图1

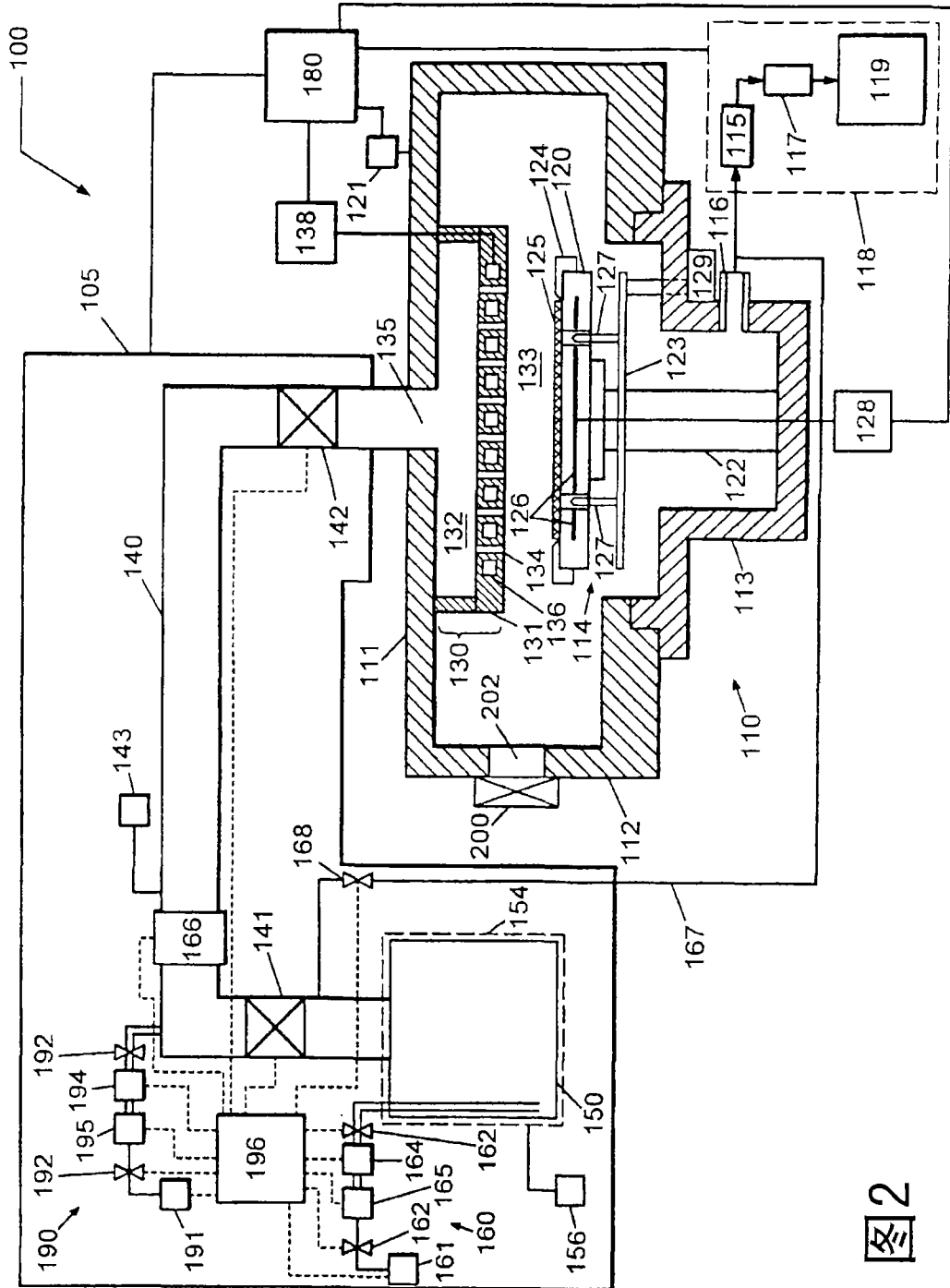


图2

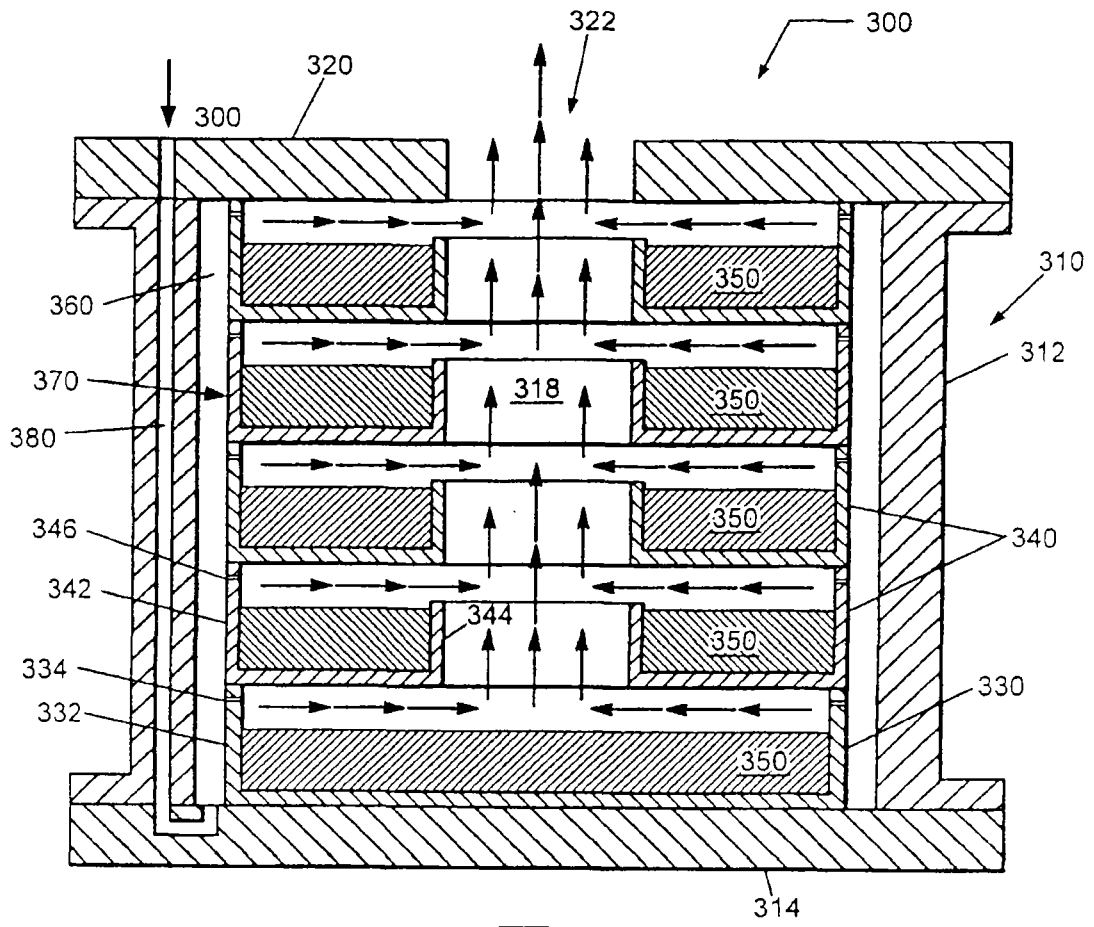


图3

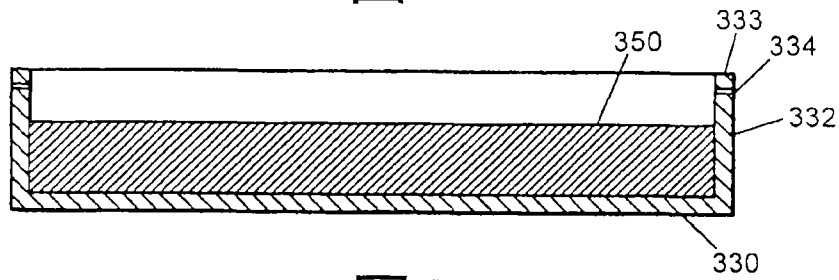


图4

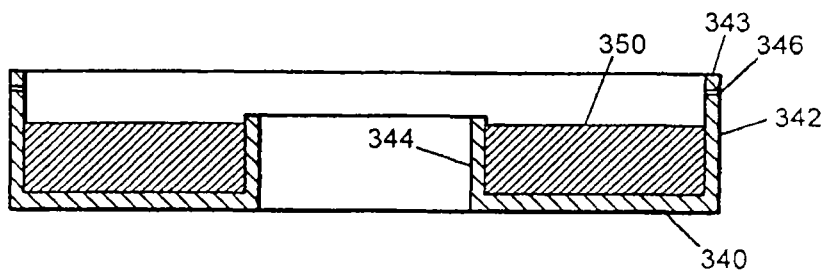


图5A

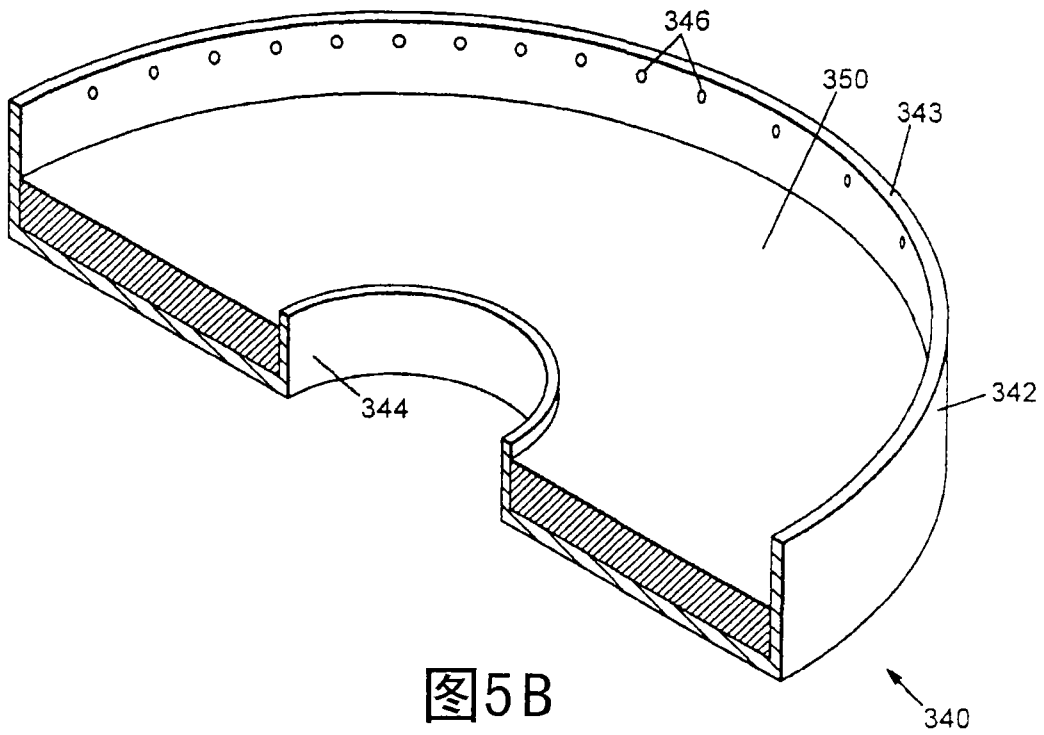


图5B

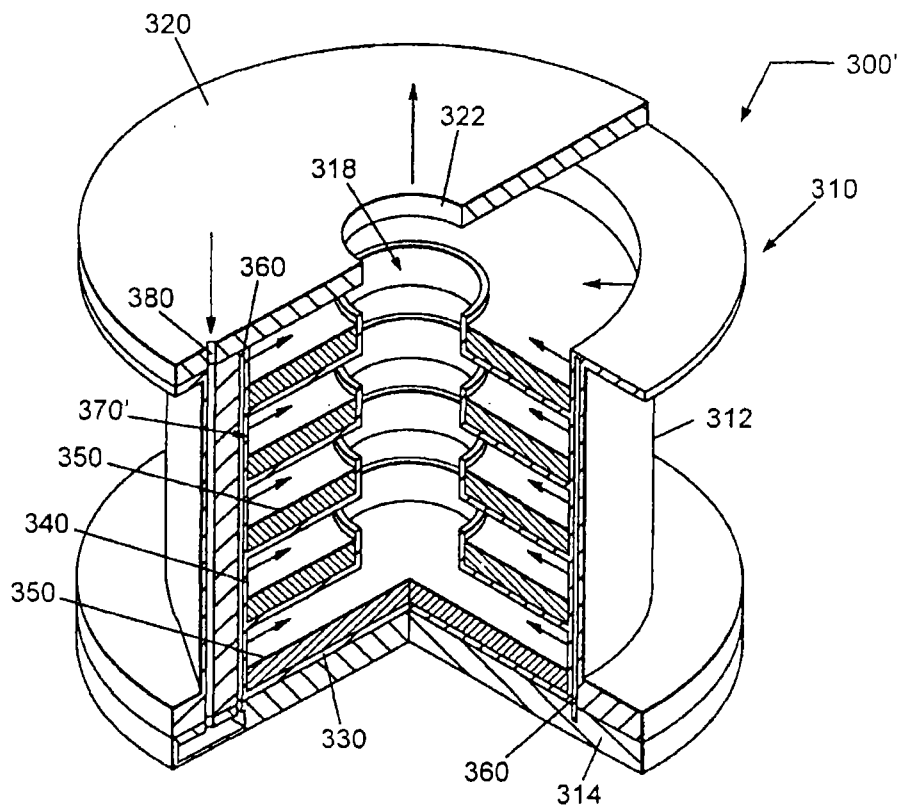


图6

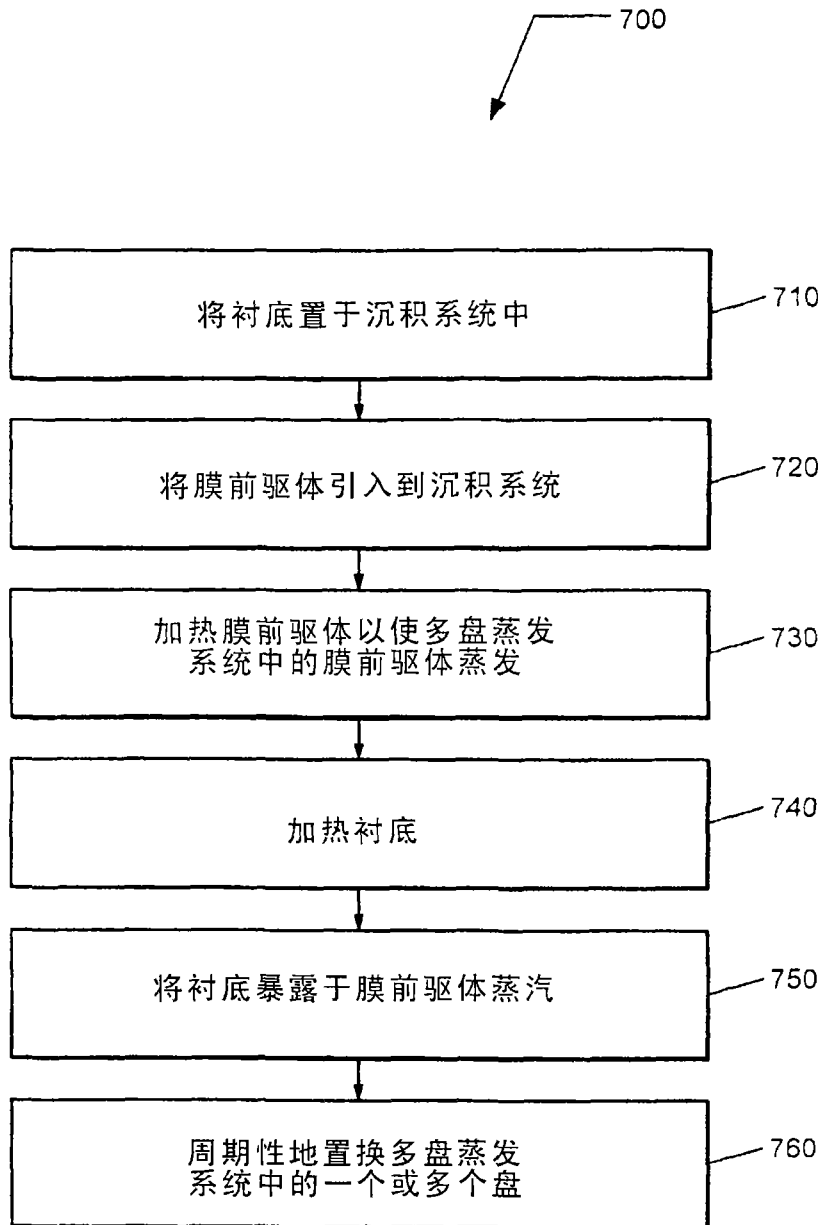


图7