



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103502508 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 27

(21) 申请号 201180067942. 6

G23C 16/458(2006. 01)

(22) 申请日 2011. 12. 21

H01L 21/687(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/428, 250 2010. 12. 30 US

(56) 对比文件

CN 101495675 A, 2009. 07. 29,

US 5152842 A, 1992. 10. 06,

US 6261408 B1, 2001. 07. 17,

US 2002/0185068 A1, 2002. 12. 12,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 08. 19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/066489 2011. 12. 21

审查员 倪永乐

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/092064 EN 2012. 07. 05

(73) 专利权人 维易科仪器公司

地址 美国纽约

(72) 发明人 博扬·米特洛维奇 魏光华

埃里克·A·阿莫

阿吉特·帕兰杰佩

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限

公司 44102

代理人 倪小敏

(51) Int. Cl.

G23C 16/455(2006. 01)

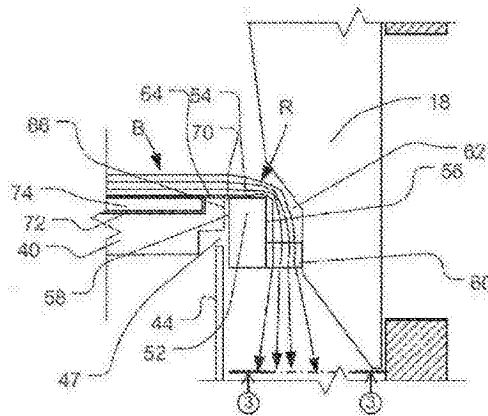
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

使用承载器扩展的晶圆加工

(57) 摘要

采用绕轴旋转的晶圆承载器来加工晶圆的装置设置有环,环在操作过程中包围晶圆承载器。引导至承载器的上表面的加工气体背离轴向外流过承载器和环,并且向下游流至环的外侧。向外流动的气体形成了承载器和环上的边界层。环有助于在承载器上保持边界层的厚度大体上一致,这能够促进一致地加工晶圆。



1. 一种反应器,包括:

(a) 腔体,所述腔体具有壁结构,所述壁结构界定出内表面;

(b) 心轴,所述心轴被设置在所述腔体内并且能够绕上游-下游轴旋转,所述心轴用于支撑晶圆承载器以绕所述轴旋转,从而使得所述承载器的上表面在承载器位置面向上游方向;

(c) 环,所述环被安装在所述腔体内,所述环具有面向所述上游方向的上表面,所述环被构造和设置成,当所述反应器处于操作状态时,所述环紧密地包围被支撑在所述心轴上的晶圆承载器,并且所述环的上表面大体上与所述承载器的上表面连续;以及(d) 在所述承载器的上游与所述腔体连通的进气元件和在所述承载器的下游与所述腔体连通的排气装置,所述环具有背离所述轴朝外的周边表面,所述环被设置成,当所述反应器处于操作状态时,在所述环的周边表面和所述腔体的内表面之间存在间隙。

2. 根据权利要求1所述的反应器,其中,所述心轴用于可释放地接合所述晶圆承载器并且所述腔体具有用于晶圆承载器插入和移出的开口。

3. 根据权利要求2所述的反应器,其中,所述腔体的壁结构包括固定壁结构,并且所述环能够相对于所述固定壁结构在上游和下游方向上移动。

4. 根据权利要求3所述的反应器,其中,所述腔体的壁结构包括关闭物,所述关闭物界定出部分的所述内表面并且能够在上游和下游方向上相对于所述腔体的固定壁结构移动,并且其中,在所述环的周边表面和所述关闭物之间界定出间隙。

5. 根据权利要求4所述的反应器,其中,所述环被附接至所述关闭物从而与所述关闭物一起在所述上游和下游方向上移动。

6. 根据权利要求1所述的反应器,其中,所述环被固定从而防止绕所述轴旋转。

7. 根据权利要求1所述的反应器,其中,所述环能够绕所述轴旋转。

8. 根据权利要求7所述的反应器,其中,所述环能够绕所述轴独立于所述心轴而旋转。

9. 根据权利要求1所述的反应器,进一步包括位于所述腔体内的加热器,所述加热器用于加热被支撑在所述心轴上的晶圆承载器。

10. 根据权利要求1所述的反应器,其中,所述环界定出位于所述环的上表面下方的中空空间。

11. 根据权利要求1所述的反应器,其中,所述环由多个同心环形成。

12. 根据权利要求11所述的反应器,其中,每个同心环由相同或不同的材料构成。

13. 根据权利要求1所述的反应器,其中,所述环用作包含在所述腔体内的加热器所产生的热量的绝缘体。

14. 根据权利要求13所述的反应器,其中,所述多个同心环中的至少一个包括加热元件。

15. 根据权利要求1所述的反应器,其中,所述环的上表面包括至少一个用于将气体引入所述腔体的孔。

16. 根据权利要求4所述的反应器,其中,所述关闭物包括至少一个用于将气体引入所述腔体的孔。

17. 一种用于加工晶圆的方法,包括以下步骤:

(a) 将晶圆承载器设置在反应腔内从而使得所述反应腔内的环包围所述承载器,从而

使得所述承载器和环的面向上游方向的上表面大体上相互连续,并且使得设置在所述承载器上的晶圆的表面面向所述上游方向;

(b) 在所述晶圆承载器和晶圆绕上游-下游轴旋转时,沿与所述上游方向相反的下流方向,将一种或多种加工气体引导至所述晶圆承载器和晶圆的上表面,从而使得所述加工气体向外地流过所述承载器的上表面和所述晶圆的表面,并且向外地从所述承载器的上表面流过所述环的上表面;以及

(c) 在所述环的下游从所述腔体中排出气体,从而使得向外地流过所述环的上表面的气体向下游进入所述环和所述腔体的壁之间的间隙。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,进一步包括:在引导步骤之后,从所述腔体中移除所述晶圆承载器,并且以设有新晶圆的另一晶圆承载器重复前述步骤。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,进一步包括:在所述引导步骤之后并且在移除承载器步骤之前,向上游或下游移动所述环。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中,所述引导步骤之后的移动所述环的步骤包括:将与所述环机械连接的关闭物从操作位置移动到打开位置,在所述打开位置,所述关闭物不会堵塞所述腔体的壁内的开口,并且移除所述晶圆承载器的步骤包括:当所述承载器处于打开位置时,从所述腔体经所述开口移除所述承载器。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其中,当所述关闭物和所述环处于操作位置时,所述关闭物和环共同地界定出所述间隙。

22. 根据权利要求 17 所述的方法,进一步包括加热所述晶圆承载器的步骤,其中所述环用于阻碍热量从所述晶圆承载器传递至所述腔体的壁。

使用承载器扩展的晶圆加工

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2010 年 12 月 30 日提交的申请号为 61/428, 250 的美国临时专利申请的申请日的利益, 上述申请的内容通过引用被加入本文中。

背景技术

[0003] 本发明涉及晶圆加工装置、用在这种加工装置中的晶圆承载器以及晶圆加工方法。

[0004] 通过在衬底上实施的加工工序形成多个半导体装置。衬底典型地是结晶材料板, 通常被称为“晶圆”。典型地, 晶圆是由结晶材料形成的并且是圆盘形式的。一种普通的加工工序是外延生长。例如, 由化合物半导体 (例如 III-V 族半导体) 形成的装置典型地通过使用金属有机化学气相沉积或“MOCVD”生长化合物半导体连续层来形成。在该过程中, 晶圆被暴露至气体混合物, 气体混合物典型地包括金属有机化合物 (例如 III 族金属源) 并且也包括 V 族金属源, 气体混物流经晶圆的表面, 同时晶圆被保持在高温下。典型地, 金属有机化合物和 V 族源与基本不参与反应的载气 (例如氮气) 混合。III-V 族半导体的一个例子是氮化镓, 通过有机金属镓化合物和氨在具有合适的晶格间距的衬底 (例如蓝宝石晶圆) 上的反应, 能够形成氮化镓。典型地, 在氮化镓和相关的化合物的沉积过程中, 将晶圆保持在约 500-1100° C 的温度下。

[0005] 在稍微不同的反应条件下, 例如加入能够改变半导体的晶格结构和带隙的其他 III 族或 V 族元件, 通过在晶圆的表面上连续地沉积多个层来制成合成装置。例如, 在基于氮化镓的半导体中, 铟、铝或者两者能够以不同的比例用于改变半导体的带隙。同样, P 型或 N 型掺杂物能够被添加从而控制每个层的传导率。在所有的半导体层已被形成之后, 并且典型地, 在已经施加了合适的电接触之后, 晶圆被切成单独的装置。以这种方式能够制造例如发光二极管 (“LED”)、激光器以及其他电子和光电装置。

[0006] 在典型的化学气相沉积过程中, 多个晶圆被保持在通常称为晶圆承载器的部件上从而每个晶圆的上表面暴露在晶圆承载器的上表面上。晶圆承载器然后被放置在反应腔体内并且被保持在期望的温度下, 同时, 气体混物流经晶圆承载器的表面。在加工过程中在承载器上各种晶圆的上表面上的所有位置处, 保持一致的状况是重要的。加工状况的变化会导致最终的半导体装置特性的不期望的变化。例如, 沉积速度的变化能够导致沉积层的厚度的变化, 这进而能够最终装置的不一致的特性。因此, 迄今为止, 在本领域内相当大的努力都致力于保持状况一致。

[0007] 在工业中广泛采用的一种 CVD 装置使用大圆盘形式的晶圆承载器, 这种盘体上具有多个晶圆把持区域, 每个晶圆把持区域用于把持一个晶圆。晶圆承载器被支撑在反应腔体内的心轴上从而使得具有晶圆的被暴露表面的晶圆承载器的上表面向上地朝向气体分配元件。当心轴被旋转时, 气体被向下地引导到晶圆承载器的上表面上并且朝晶圆承载器的边缘流经上表面。向外流动的气体形成了覆盖晶圆承载器的上表面的边界层。所使用的气体向下地绕晶圆的边缘流动并且从反应腔体经设置在晶圆承载器下方的出口被排出。

晶圆承载器通过加热元件被保持在期望的高温下,加热元件典型地是设置在晶圆承载器的下表面下方的电阻加热元件。

[0008] 特定的处理工序的速率(例如传质控制生长状况下MOCVD工序中生长速率)与边界层厚度负相关。对于无限大的承载器,理论上预测速率与边界层厚度成反比。这意味着,边界层越薄,生长速率越大。这反映出这样一个事实,即,当边界层更薄时,活性基团会花费更少的时间经边界层扩展到晶圆承载器的表面和晶圆的表面。因此,薄的和一致的扩散边界层是期望的以在MOCVD的外延生长过程中获得一致和快速的沉积速率。边界层厚度能够通过改变旋转速率和反应器内的压力而被控制,并且与这两个参数的平方根成反比。其也能够通过改变气体混合物的动态粘滞度而被控制。动态粘滞度是混合物中不同气体部分的函数以及承载器和进入温度的函数。

[0009] 典型地,在反应器内流动状况稳定和基本上均匀地加热晶圆承载器的情况下,在大多数晶圆承载器表面上能够获得均匀的边界层厚度。然而,靠近晶圆承载器的边缘处,气体流的方向开始在晶圆承载器上从径向改变成向下流动,向下的气体流将腔体从晶圆承载器携带至排气口。在晶圆承载器的靠近边缘的边缘区域,边界层变得更薄并且因此加工速率明显增加。例如,如果晶圆被设置在承载器上,并且晶圆的一部分被设置在边缘区域,化学气相沉积工序会形成厚度不一的层。较厚部分会形成在晶圆的设置在边缘区域的部分上。

[0010] 为了避免该问题,晶圆不会被设置在边缘区域。因此,晶圆承载器的包或其他晶圆把持特征典型地仅被设置在晶圆承载器的远离边缘的区域内。这就限制了给定大小的承载器上所能够容纳的晶圆的数量和大小,并且因此限制了装置和方法的生产力。虽然较大的晶圆承载器可以容纳更多的晶圆,但是较大的承载器具有非常大的缺陷。较大的承载器更贵、更重并且因此特别是在将承载器移动到反应腔体内或反应腔体外时更加难以操控。另外,在现有的加工装置中增加晶圆承载器的大小通常是不实际的。

[0011] 虽然在本领域中相当多的努力都致力于设计一种最优化的系统,但是仍然值得进一步改进。

发明内容

[0012] 本发明的一个方面提供了一种反应器。根据本发明的该方面的反应器期望地包括腔体,腔体具有壁结构,壁结构界定出内表面。反应器优选地具有设置在腔体内并且能够绕上游-下游轴旋转的心轴,心轴用于支撑晶圆承载器以绕轴旋转,从而使得所述承载器的上表面在承载器位置面向上游方向。根据本发明的该方面的反应器优选地还包括安装在腔体内的环,环具有面向上游方向的上表面,环被构造和设置成,当反应器处于操作状态时,环紧密地包围被支撑在心轴上的晶圆承载器,并且环的上表面大体上与承载器的上表面连续。环典型地被可移动地安装在腔体内,从而使得它不会妨碍承载器的加载或卸载。

[0013] 典型地,反应器也包括在承载器的上游与腔体连通的进气元件和在承载器的下游与腔体连通的排气装置。环典型地具有背离轴朝外的周边表面,环被设置成,当反应器处于操作状态时,在环的周边表面和腔体的内表面之间存在间隙。正如下文中进一步论述的,在反应器的操作过程中,从进气元件排出的气体在下游向晶圆承载器流动并且流过承载器的上表面和保持在承载器上的晶圆的上表面,并且向外地流过环。实际上,环构成了承载器的

扩展部分(extension),从而气流类似于采用较大直径的承载器所获得的气流。边界层在整个承载器上具有大体上一致的厚度,或者几乎在整个承载器上具有大体上一致的厚度,从而使得晶圆部分或晶圆能够被放置在承载器的边缘区域。

[0014] 本发明的另一方面提供了一种用于加工晶圆的方法。根据本发明的该方面的方法期望地包括步骤:将晶圆承载器设置在反应腔内从而使得反应腔内的环包围承载器,从而使得承载器和环的面向上游方向的上表面大体上相互连续,并且使得设置在承载器上的晶圆的表面面向上游方向。本发明优选地还包括步骤:沿与上游方向相反的下游方向,将一种或多种加工气体导至晶圆承载器和晶圆的上表面,同时绕上游-下游轴旋转晶圆承载器和晶圆,从而使得加工气体向外地流过承载器的上表面和晶圆的表面,并且向外地从承载器的上表面流过环的上表面。本方法典型地进一步包括:在环的下游从腔体中排出气体,从而使得向外地流过环的上表面的气体向下游进入环和所述腔体的壁之间的间隙。

[0015] 本发明的另一方面提供了一种晶圆承载器。根据本发明的该方面的晶圆承载器期望地包括具有圆形上表面的本体、界定所述上表面的周边表面以及配件,配件用于接合晶圆加工反应器的心轴从而使得上表面和周边表面与心轴同心。本体期望地进一步界定出多个凹部,每个凹部用于保持晶圆,所述凹部包括外凹部,外凹部用于保持晶圆从而使得部分的晶圆位于周边表面约 5 mm 内。

附图说明

[0016] 参考下文中详细的说明以及附图,能够了解本发明的各种优点以及对本发明主题的更加全面的评价。

[0017] 图 1 是根据本发明一个实施方式的装置的示意性截面图。

[0018] 图 2 是图 1 中 2 所代表的区域的局部视图。

[0019] 图 3 是图 2 中沿线 3-3 的局部视图。

[0020] 图 4 是类似于图 2 的视图,但是描述了现有技术中常规装置的局部。

[0021] 图 5 是图 1-3 的装置和图 4 的装置的预计性能的图表。

[0022] 图 6 是类似于图 2 的视图,但是描述了根据本发明另一实施方式的装置的局部。

[0023] 图 7 是根据本发明另一实施方式的晶圆承载器的示意性俯视图。

[0024] 图 8 是类似于图 2 的视图,但是描述了根据本发明又一实施方式的装置的局部。

[0025] 图 9 是类似于图 6 的视图,但是描述了根据本发明又一实施方式的装置的局部。

[0026] 图 10 是根据本发明又一实施方式的示意性视图。

[0027] 图 11 是图 10 的组件的平面俯视图。

具体实施方式

[0028] 在描述图示的以及参考附图描述的发明主题的优选实施方式时,为了清楚起见会使用专用的术语。然而,并不是要将本发明限制到本文所使用的任何专用术语,并且要理解的是,每个专门的术语包括所有的以类似的方式实现类似目的的等效技术特征。

[0029] 根据本发明的一个实施方式的装置包括反应腔 10,反应腔 10 具有壁结构,壁结构包括固定壁 12,固定壁界定出大体上圆柱形的空间 15,圆柱形空间 15 具有中心轴 14 和开口 16,开口 16 与内部空间连通。正如下文中进一步详细讨论的,在操作过程中反应腔内的

气流大体上从图 1 的上部区域朝向图 1 的下部区域。因此,沿轴线朝图的下部的方向(在图 1 中用箭头 D 指示)在本文中被称为“下游”方向,由箭头 U 所指示的相反方向在本文中被称为“上游”方向。

[0030] 腔体的壁结构进一步包括环状关闭物 18。关闭物 18 具有与中心轴 14 重合的中心轴。关闭物 18 被安装成在上游和下游方向上能够相对于固定壁移动,并且与移动促动器 20 连接。促动器 20 被设置以在图 1 中实线所示的操作位置和图 1 中 18' 处虚线所示的打开位置之间移动关闭物。当关闭物 18 处于操作位置时,它覆盖开口 16。典型地,关闭物 18 不会形成开口 16 处的气密性密封。固定壁 12 和关闭物 18 设置有位于壁内侧或其外表面上的冷却剂通道(未示)。冷却剂通道与冷却剂供应装置(未示)连接,从而使得固定壁和关闭物能够在加工过程中被保持在期望的温度下。

[0031] 进气元件 22 被设置在腔体 10 的上游端,朝向图 1 中的附图上部。进气元件与一个或多个用于提供一种或多种加工气体的源 24 连接。进气元件 22 基本上可以是常规的进气元件,并且可以被设置成以大体上在下游方向 D 上被导向的气流形式排除加工气体。进气元件典型地被设置成以绕中心轴 14 间隔开并且与中心轴相距各种径向距离而分布的排泄模式排泄加工气体。进气元件典型地也设置有用于在加工过程中保持其温度的冷却剂通道(未示)。

[0032] 中空的箍状排气歧管 26 被设置的靠近腔体的下游端。排气歧管具有内部通道 28 和多个通向腔体内部的端口 30。排气歧管的内部通道 28 进而与排气系统 32 连接,排气系统 32 被设置成将气体抽出内部空间 15 并且作为废气被排出。

[0033] 心轴 34 被设置到固定壁结构 12 从而能够绕中心轴 14 旋转。心轴 34 与旋转驱动机构 36 连接。心轴具有位于其上端的配件 38。配件 38 被设置以将晶圆承载器 40 接合和保持在图 1 所示的承载器位置。承载器位置被设置在进气元件 22 的下游,但是被设置在排气歧管 26 的上游。加热器 42 被设置在承载器位置的下游并且包围心轴 34。加热器 42 通过固定至固定壁结构 12 的支撑件(未示)被支撑在腔体内。环形挡板 44 包围加热器并且从承载器位置向下游延伸。加热器吹扫气源 45 与挡板 44 内侧的空间连通。正如在图 2 中能最佳地看到的,挡板的尺寸使得,当晶圆承载器 40 被安装在承载器位置时,在挡板和承载器之间存在小间隙 47。在操作过程中,加热器吹扫气源 45 给挡板 44 内的空间提供吹扫气体(例如氮气),从而使得吹扫气体经间隙 47 流出该空间并且与下文中提及的其他气体流一起流至排气系统。加热器吹扫气体防止加工气体与加热器 42 接触以及损害加热器 42。

[0034] 前腔 48 与固定壁结构内的开口 16 连通。前腔 48 设置有关闭装置,例如图 1 中示意性地显示的阀门元件 50。阀门元件被设置以密封前腔并且因此封堵前腔 48 和内部空间 15 之间的连通。阀元件 50 能够被移动至缩回位置(未示)以实现前腔和内部空间 15 之间的连通。当阀元件处于缩回位置并且关闭物 18 处于打开位置 18' 时,晶圆承载器 40 能够从与心轴的配件 38 的接合状态被移开,并且使用机器人操纵装置(未示)经开口 16 被移入前腔。新的晶圆承载器 40' 能够从前腔被移动到反应腔并且与配件 38 接合从而使得新的晶圆承载器被定位在承载器位置。

[0035] 环 52 被安装至关闭物 18 并且因此被设置在腔体的内部空间 15 内。正如图 2 和 3 中能够最佳地看到的,环 52 具有朝向上游方向的上表面 54、并且背离中心轴径向地朝外的外圆周表面 56 以及径向地向内并且朝向中心轴的内表面 58。环 52 通过绕腔体的圆周

而设置的支柱 60 被安装至关闭物 18。图 2 和 3 显示了一个所述支柱。支柱被设置在上表面 54 下方。环的外周边表面 56 被径向地设置在关闭物 18 的邻近表面的内侧,从而使得在关闭物和环的表面之间存在间隙 62。例如,在用于保持直径为 465 mm 的晶圆承载器的装置中,间隙 62 的宽度在最窄位置可以为约 13 mm。由于支柱 60 相对较薄,因此它们不会实质上堵塞间隙 62。环 52 的尺寸以及与关闭物 18 的安装能够被旋转从而使得,当关闭物 18 处于操作状态,如图 1 中实线所显示以及图 2 所描述的,并且当晶圆承载器 40 被设置在操作状态并且位于承载器位置与心轴 34 上的配件 38 接合时,环的上表面 54 大体上与承载器 40 的上或上游表面 64 共面。环 52 的宽度或径向延伸优选地可以是约 13-15 mm,并且更加优选地,可以是更宽的环。通常,环 52 应当尽可能地宽。在环被装配到本来没有设置环的现有系统的情况下,由于需要提供足够宽的间隙 62,环的宽度被限制。

[0036] 同样,环 52 被构造和安装成,在该操作状态,环的内表面 58 靠近晶圆承载器 40 的外周边表面 66,从而仅在表面之间留有小的间隙 70。期望地,间隙 70 尽可能地小,符合加工误差并且能够容许部件的差异性热膨胀。例如,间隙 70 的宽度可以是约 2 mm 或更小。优选地,正如在间隙 62 的最窄位置所测量的,间隙 70 的横截面面积比环的外周边表面和关闭物 18 之间的间隙 62 的横截面面积小约 5%。

[0037] 正如图 1 和 2 能够最佳地看到的,每个晶圆承载器 40 界定了多个凹部 72,每个凹部被设置以保持晶圆 74 从而使得晶圆的上表面大体上与承载器的上表面 64 共面。期望地,晶圆承载器 40 在其上表面 64 和周边表面 66 的接合处具有相对锋利的边缘,并且环 52 期望在其上表面与内表面 58 和外周边表面 56 的接合处也具有锋利的边缘。这些锋利的边缘的半径期望地小于约 0.1 mm。

[0038] 在操作中,装置设置到图 1-3 所示的操作状态,晶圆承载器 40 承载设置在心轴上的晶圆 74,并且关闭物 18 处于实线所示的操作位置,从而使得环 52 靠近地包围承载器 40 的周边表面。加热器 42 被启动以将晶圆承载器和晶圆提升至期望的温度,并且进气元件 22 被启动以排出加工气体,同时,旋转驱动装置 36 被启动以绕中心轴 14 旋转心轴 34 和晶圆承载器 40。由进气元件 22 所排出的气体大体上如图 1 中流箭头 F 所示地行进。因此,气体向下游地从进气元件朝向承载器位置进行并且大体上径向向外地流过承载器的上或上游表面。流动气体向外地经过晶圆承载器的边缘并且经过环 52,然后向下地经过环与关闭物 18 所界定的内壁表面之间的间隙 62。虽然少量的气体向下经过间隙 70,但是该少量的气体基本上不会影响系统的流动动力。优选地,经过晶圆承载器的上表面的气体中低于约 5% 的气体经过间隙 70,而剩余部分经过间隙 62,即环 52 的外侧。气体继续向下游朝排气歧管 26 流动并且流入排气歧管以及经排气系统 32 流出所述系统。

[0039] 正如图 2 中能够最佳地看到的,向外地流经晶圆承载器的上表面 64 并且流经晶圆 74 的表面的气体形成边界层 B。在该边界层内,气流线几乎平行于承载器的上表面,从而使得边界层具有大体上一致的厚度。然而,当气体接近间隙 62 时,气流线明显地覆盖区域 R,并且边界层的厚度在该区域明显地减小。然而,该区域位于环 52 上而不是位于晶圆承载器上。因此,边界层基本上在晶圆承载器的整个上表面上保持基本上一致的厚度。这在晶圆 74 的表面上提供了大体上一致的反应速度,即使是在晶圆 74 被设置成直接紧靠承载器的周边表面 66 时。

[0040] 在加工之后,关闭物 18 被移动到开口 18' 位置。环 52 与关闭物一起移动至图 1

中 52' 所示的位置。当关闭物处于缩回位置时,环和关闭物远离开口 16 并且不妨碍晶圆承载器移入腔体或移出腔体。

[0041] 图 4 描绘了与图 1 中所示的系统相同的系统,但是没有环 52,并且使用典型的晶圆承载器,这种承载器在承载器的上表面和承载器的周边表面之间的接合处具有相当大的半径。在该系统中,气体向下游直接流至晶圆承载器的周边表面 66 的外侧。因此,气流线明显地覆盖晶圆承载器本身的外部。边界层厚度不一致的区域 R 从晶圆承载器的周边表面 66 向内地延伸并且覆盖承载器上表面的大部分。因此,如果部分的晶圆 74 位于承载器的由区域 R 所覆盖的区域内,这些晶圆会经受不一致的生长速率。因此,在没有环 52 的系统中,晶圆保持凹部典型地会被差异地定位,以保持它们进一步远离承载器的边缘。这进而会降低晶圆承载器的性能。换句话说,环 52 (图 1-3)的存在允许晶圆承载器凹部的位置靠近承载器的边缘,并且因此增加承载器的能力。这增加了系统的生产能力,即单位时间内能够处理的晶圆的数量。

[0042] 另外,将晶圆放置得更加靠近承载器的边缘能提高加工气体的利用效率。这些气体通常是昂贵的、高纯度的材料。典型地,每种气体的量被确定成能够在晶圆承载器的整个面积上提供单位面积的定量气体。通过将晶圆放置得更加靠近承载器的边缘,承载器的更多面积能够被晶圆覆盖,并且更多的气体会被用于处理晶圆。

[0043] 图 5 进一步显示了通过加入环 52 而导致的流动动力的改变效果。图 5 中的曲线 100 代表了使用图 4 所示的反应器的化学气相沉积加工中厚度与径向位置的计算图,图 4 所示的反应器没有环并且晶圆承载器具有倒圆的边缘。曲线 102 是使用图 1-3 所示的反应器的相同化学气相沉积加工中计算的沉积厚度的类似图,图 1-3 所示的反应器具有环 52 并且晶圆承载器在其边缘具有锋利的边缘。沉积层的厚度被表述成归一化厚度,即,每个径向位置的厚度与相距中心线 190 mm 的径向位置的厚度的比例。在每种情况下,晶圆承载器的直径为 465 mm,从而使得晶圆承载器的周边表面被设置在与中心轴相距 232.5 mm 的径向距离处。如果承载器被构造成容纳 54 个直径为两英寸的晶圆,与中心线相距约 223 mm 径向距离的垂直线 104 代表了承载器上晶圆的最靠外点的径向位置。如果承载器被设置成容纳 6 个直径为六英寸的晶圆,约 127 mm 径向距离处的垂直线 106 代表晶圆上最靠外点的径向位置。用于图 4 中的常规反应器的曲线 100 显示了,在线 104 处,归一化厚度大于 1.1。通过比较,曲线 102 显示了,线 104 处的归一化厚度约 1.02。换句话说,如果晶圆承载器被设置以容纳 54 个直径为两英寸的晶圆,没有环的系统会生产出的晶圆在某些位置的厚度比同一晶圆上其他位置的厚度厚约 12%,而具有环的系统生产出的晶圆具有约 2% 范围的大体上厚度一致的沉积层。另外,如果晶圆承载器被构造成保持 6 个直径为六英寸的晶圆,没有环的系统生产出的晶圆的沉积层厚度的变化范围超过 40%,即,在垂直线 106 处归一化厚度为 1.4。通过比较,曲线 102 显示,线 106 处厚度变化约 7%,仍然处于许多应用的可接受范围内。因此,使用与没有环的系统中直径相同的晶圆承载器,具有环的系统能够更易于加工 6 个六英寸的晶圆。

[0044] 因此,环所提供的改进使得晶圆承载器的结构具有更加靠近承载器的边缘的凹部,同时仍然能够提供对晶圆一致的处理。图 7 所示的晶圆承载器 340 具有圆形本体,圆形本体具有基本上平面的上表面 364 和周边表面 366。本体具有用于与加工装置的心轴(例如图 1 中所示的加工装置的心轴 34)配合的配件 367。配件能够是任何的结构;由于心轴具

有如图 1 所示的圆锥形配件 38, 承载器的配件典型地是位于本体下部的圆锥形开口。晶圆承载器具有凹部 372 形式的晶圆保持元件, 每个凹部用于保持晶圆。每个凹部 372 靠近周边表面 366。因此, 每个凹部的最靠外部分与周边表面 366 之间的距离 X 小于约 5 mm。由于厚度不均匀, 迄今为止, 将凹部放置得如此靠近周边表面是不可接受的。凹部和周边表面之间的距离是在凹部和上表面与周边表面接合的边缘之间所测量的。承载器本体 340 的直径可以是任何值, 但是优选地大于 300 mm。在一个实施例中, 承载器的直径约 465 mm, 并且如图 7 所示的具有 6 个凹部。承载器可以包括更多数量的较小直径的凹部, 并且凹部可以被设置成只有某些凹部位于本体的外侧, 靠近周边表面。

[0045] 环 52 也作为晶圆承载器的边缘与腔体的由关闭物 18 所界定的临近壁表面之间的热障。典型地, 晶圆承载器被保持在大体上高于反应器的壁的温度下。例如, 晶圆承载器可以被保持在约 1000-1200°C 或更高的温度下, 而反应器的壁可以被保持在低于 100°C 的温度下。晶圆承载器的边缘和临近壁表面之间存在相当大的辐射热量。这趋于使得晶圆承载器的边缘区域比晶圆承载器的其他区域更冷, 并且因此使得该边缘区域内的晶圆同样更冷。这种不均匀的温度分配能够导致反应速率的不一致并且导致沉积层的成分不一致。虽然这种效果能够在某种程度上通过使加热器 42 给晶圆承载器的靠近边缘的区域施加更多的热量而被抵消, 但是减小这种效果仍然是值得的。环 52 作为辐射障碍并且阻碍从晶圆承载器的周边表面直接辐射至腔体的由关闭物 18 所界定的壁表面。这有助于在晶圆承载器上保持一致的温度分配, 这进而能够促成晶圆的的所有部分的加工条件的一致性。

[0046] 为了进一步加强环的绝缘效果, 环 52 可以设置有额外的特征, 该额外的特征有助于减小环的内表面和外表面之间的热传导。例如, 如图 6 中所看到的, 环 152 具有大体上为反 U 形的横截面形状, 并且具有中空的内部空间 153。中空的内部空间减小了内表面 158 和周边或外表面 156 之间的热传导。优选地, 环的上或上游表面 154 仍然是连续、不断裂的表面。空间 153 在其下游端可以是打开的, 正如图 6 所示的, 或者在下游端是封闭的。通过减小表面 158 和 156 之间的热传导, 图 6 中所示的环进一步阻碍晶圆承载器 40 和关闭物 18 之间的热传递。

[0047] 在另一变形中, 环 52 能够由多个同心环形成, 每个同心环可以由相同的材料制成或者由不同的材料制成。例如, 同心环能够由耐熔材料(例如石墨、碳化硅和 / 或涂覆有石墨的硅) 以及耐熔金属(例如钼、铯、钨、钽以及这些金属的合金) 制成。同心环的大小和数量以及制成同心环的材料能够根据反应器和 / 或反应器内所进行的反应类型而被改变或调整。在另一变形中, 环 52 可以包括加热器, 例如电阻加热器。例如, 在环被加工成多个环的复合结构的情况下, 所述多环中的一个或多个可以构成加热元件。在一个变形中, 最靠近晶圆承载器 40 的周边表面 66 的环可以是加热元件。对环进行加热能够用于控制晶圆承载器边缘的温度。环所包括的加热器能够由反馈控制系统(未示) 控制, 由于例如控制系统使用一个或多个高温计来监控晶圆承载器的温度, 反馈控制系统对晶圆承载器 40 靠近边缘的温度是敏感的。根据这些或其他变形, 环的尺寸的选择能够如针对环 52 所讨论的(图 1 和 2)。因此, 再次地, 环优选地尽可能宽并且优选地绕晶圆承载器具有尽可能小的空隙, 从而使得晶圆承载器和环之间的间隙大小最小。

[0048] 图 8 所示的装置类似于图 1 所示的装置, 除了环 252 的上游或上表面 254 的形式为与中心轴同心的圆锥体的部分。表面 254 在径向向外的方向上背离腔体的中心轴向上倾

斜。换句话说,上游或上表面 254 与外周边表面 256 之间的接合部分位于上游表面 254 与环的内表面 258 之间的接合部分的上游。上表面在内表面 258 和外表面 256 之间的垂直高度 V 期望地为约 1 — 2 mm 之间。该向上的倾斜有助于进一步抑制气流线在环上以及晶圆承载器 40 的边缘区域上的区域内集中。其他图中所示的闭物 218 可以被稍微修改,从而能够在环与关闭物的最靠近部分或壁结构之间提供相同的空隙 C 。在另一变形中,向上倾斜的上表面可以被设置成弯曲的母线绕中心轴的回转面。因此,在该实施方式中,上游或上表面不会界定出直线,相反会界定出向上倾斜的曲线。

[0049] 上表面 254 可以选择性地在径向向外的方向上(即背离腔体的中心轴)向下倾斜。在另一变形中,上游或上表面 254 的形状可以是半球形的,或者是在表面上具有各种形状的隆起或波纹的平面。

[0050] 其他实施方式可以包括这样一种晶圆承载器 40,其本身可以具有绕晶圆承载器的上表面的边缘向上突出的唇缘。具有向上倾斜的唇缘的晶圆承载器在公开号为 2011/0215071 美国专利申请中被公开,其公开的内容通过引用被加入本文。在这些实施方式中,晶圆承载器的向上倾斜的唇缘可以与本文中所述的环 252 的向上倾斜的表面 254 组合。这些表面可以被设置成,当晶圆承载器被设置在承载器位置时,承载器唇缘和环 252 的向上倾斜表面几乎相互连续并且共同地界定出一个复合的向上倾斜的表面。这些向上倾斜的表面可以进一步控制靠近晶圆承载器的边缘的沉积速度。

[0051] 在上述装置的变形中,例如辊和导向销(未示)等结构能够被安装至环 52(图 1 和 2)或挡板 44 以进一步确保晶圆承载器 40 和环 52 之间的接触。挡板 44 也能够进一步被修改以在靠近辊的壁上包含隆起物或突起物从而有助于将环 52 和承载器 40 的上或上游表面 64 对准。在某些情况下,可期望的是,使得环 52 的上或上游表面比承载器的上或上游表面更高或更低。在其他的情况下,可期望的是,环 52 的内表面 58 比环 52 的上或上游表面更高或更低。这例如能够通过将位于挡板 44 内的辊依靠在前述隆起物或突起物上来实现。

[0052] 在上述实施方式中,环被安装至关闭物。然而,这不是必须的。例如,环能够被安装在单独的促动器上,并且能够独立于关闭物而被移动。在其他的实施方式中,反应器的壁结构可以不包括关闭物。在这种情况下,环被设置在晶圆承载器的位置和反应器的固定壁结构之间。在上述实施方式中,环能够与关闭物一起或独立地相对于反应器的固定壁结构移动,从而在加载和从腔体中卸载晶圆承载器的过程中能够移出环。然而,这不是必须的。如果晶圆承载器的结构以及用于将晶圆承载器移入和移出反应器的元件的结构允许,晶圆承载器的安装和移除能够不移动环。

[0053] 在 CVD 加工过程中,很多时候,除了衬底表面,薄膜生长会出现反应腔体部分上。如果未被清除,反应器腔体部分上的额外的薄膜生长会影响 CVD 加工效率,从而导致比期望的产量更低的产量以及反应器腔体上的额外维护。一种用于移除环 52 上额外的薄膜生长的方法是将环 52 加热至能够快速热消除(flash heat off)额外的薄膜生长的温度。被配置得用于该目的的加热器能够被加入环 52,如上所述。

[0054] 另一方法可以导致环 52 的变化。这能够通过同时提升和降低环 52 从而使得挡板 44 内的辊在位于挡板 44 上的隆起物或突起物上滚动来实现。通过将超声波转换器附接至环 52(或者其支撑元件)上也能够实现变化。

[0055] 另一种用于从环或关闭物(例如关闭物 18)上清除额外的薄膜生长的方法可以是

提供一个或多个孔,所述孔位于关闭物壁内并且朝向反应器腔体的内部和/或环的上表面,因此使得非反应气体流经孔并且从各自表面上吹走额外的薄膜生长。

[0056] 如图9所示(其中,除了标记数字300、305、310、315、320和325,其他的数字标记如上所述的),进气口300可以经气管320输送气体,气管320与孔325连接并且给孔325供应气体。在该变形中,孔325的开口也可以经过关闭物18的壁。另外,沿关闭物18的壁的多个位置,能够放置一个或多个孔325,这些孔325面向反应腔体的内部。

[0057] 分开的进气口305也可以经气管310输送气体,气管310与孔315连接并且给孔315供应气体。然而,在该变形中,不同的孔325、孔315的开口可以经过环152的上或上游表面154。正如上述的,在上或上游表面154内能够设置有一个或多个孔315。另外,孔315的形状能够是绕环152的圆周的连续或半连续狭缝。

[0058] 孔315和325能够用于在连续的或同时的活化作用中清除环(或其他表面)上的额外的薄膜生长。适于使用的气体包括例如 H_2 、 N_2 、Ar或其他惰性气体。所述气体能够被引入温度范围从室温直至约 $1600^{\circ}C$ 的反应器内。

[0059] 上述孔315、325的选择性变形是,让气管322(图9中虚线所示)延伸经过反应器的基板。在该实施方式中,气管322可以是柔性波纹管并且可以用于以与孔315、325类似的方式从环152和/或关闭物18清除额外的薄膜生长。

[0060] 除了用于清洁,环152内的一个或多个孔315的另一用途是在生长过程中让吹扫气体经过环152上的孔315。在这种情况下,可以通过调整气体的流动速率,来调整吹扫气体的局部区域内边界层的高度,这可用于补偿由于安装环152而引起的任何高度变化。即,如果需要“较高”的流动扩展(环152),即突出晶圆承载器的上平面表面154的结构,更高的气体流速可以用于迫使吹扫气体经过环152上一个或多个孔315。相反地,如果期望边界层更加靠近晶圆承载器的“Z”平面,气体流速可以被减小。由于通过提升或降低经过孔315的气流速度来调整环152的效率从而调整边界层,在将环152安装至MOCVD系统的过程中,通过消除精确的高度调整来简化设备之间的匹配性。

[0061] 对于环152的由多个同心环构成的变形中,根据环是否由不同的材料制成,环在操作中可以不同的速率膨胀。这种效应可以使得上述额外的薄膜生长能够从环的上游或上表面被移除。

[0062] 在上述实施方式中,当环处于操作位置时,环在晶圆加工过程中仍然保持静止。在其他的实施方式中,环能够在加工中绕中心轴被旋转。例如,环可以被安装至心轴从而能够通过单独的旋转驱动装置在加工过程中绕中心轴旋转环。图10显示了该实施方式的示意性视图。环可以在与晶圆承载器和心轴相同的方向上旋转,或者在相反的方向上旋转。

[0063] 如图10所示,组件200具有外心轴134和内心轴168,外心轴134和内心轴168与旋转驱动机构136连接。内心轴168可以具有位于其上游端的配件138。配件可以被设置以可释放地将晶圆承载器440接合和保持在与图1所示的位置类似的承载器位置。晶圆承载器440可以包括多个凹部172,每个凹部被设置以保持晶圆174从而使得晶圆的上表面与晶圆承载器440的上表面464大体上共面。外心轴134也可以具有位于其上游端的配件238。配件可以被设置以接合(在其他实施方式中,可释放地接合)支撑件360,环352被安装至支撑件360。旋转驱动装置136被设计以允许内心轴168和外心轴134独立地旋转,从而允许晶圆承载器以与环相同的方向、不同的方向旋转,或者使得环在晶圆承载器旋转时

保持静止。

[0064] 支撑件 360 可以形状多种多样。在某些情况下,支撑件 360 可以是承受器或者可以是一系列的从外心轴 134 正好径向延伸至晶圆承载器 464 的外边缘的支撑臂,在该位置环 352 被安装在支撑臂上。支撑件 360 可以由任何能够承受 MOCVD 反应器内侧的高温的合适材料制成,同时允许适量的热量从加热器 142 传递至晶圆承载器 440。组件 200 的加热器 142 可以采用类似上述加热器 42 的方式而被安装和构造。

[0065] 图 11 显示了图 10 的组件 200 的俯视图,其中支撑件 360 用虚线显示。晶圆承载器 440 的圆周边缘 466 和环 352 的内表面 358 之间的间隙 170 的大小类似于上述间隙 70。

[0066] 另外,旋转驱动装置 136 除了能够旋转环 352 之外,也能够相对于环 352 的上表面 564 单独调整晶圆承载器 440 的上表面 464 的高度。对于某些生长加工步骤,有利的是,使晶圆承载器 440 的上表面 464 基本上与环 352 的上表面 564 共面。在其他的生长加工步骤中,有利的是,晶圆承载器 440 的上表面 464 比环 352 的上表面 564 更高或更低。环 352 也能够具有上述环 252 的形状和特征。

[0067] 在另一实施方式中,环可以被设置在腔体内并且被设置成能够可释放地接合晶圆承载器的外边缘,从而使得环实际上成为操作过程中晶圆承载器的临时部件。

[0068] 反应器元件的结构的材料和加工气体的成分可以是常规的。例如,晶圆承载器可以整体上或部分地由耐熔材料制成,耐熔材料例如是石墨、碳化硅以及涂覆有石墨的碳化硅,而例如环等元件可以由类似的材料制成或者由耐熔金属(例如钨)制成。用于环的金属选择性地被涂黑以增加金属的发射率。加工气体例如可以是化学气相沉积反应中会发生反应的气体或者是能够蚀刻或处理晶圆表面的气体。

[0069] 虽然已参考特定实施方式描述了本发明,但是要理解的是,这些实施方式仅是说明本发明的原理和应用。因此,要理解的是,对说明性的实施方式可以进行多种修改,并且其他的设置可以被设计而不脱离权利要求所限定的本发明的构思和范围。优选地,除了独立权利要求中的特征外,从属权利要求以及从属权利要求内的特征能够被组合。

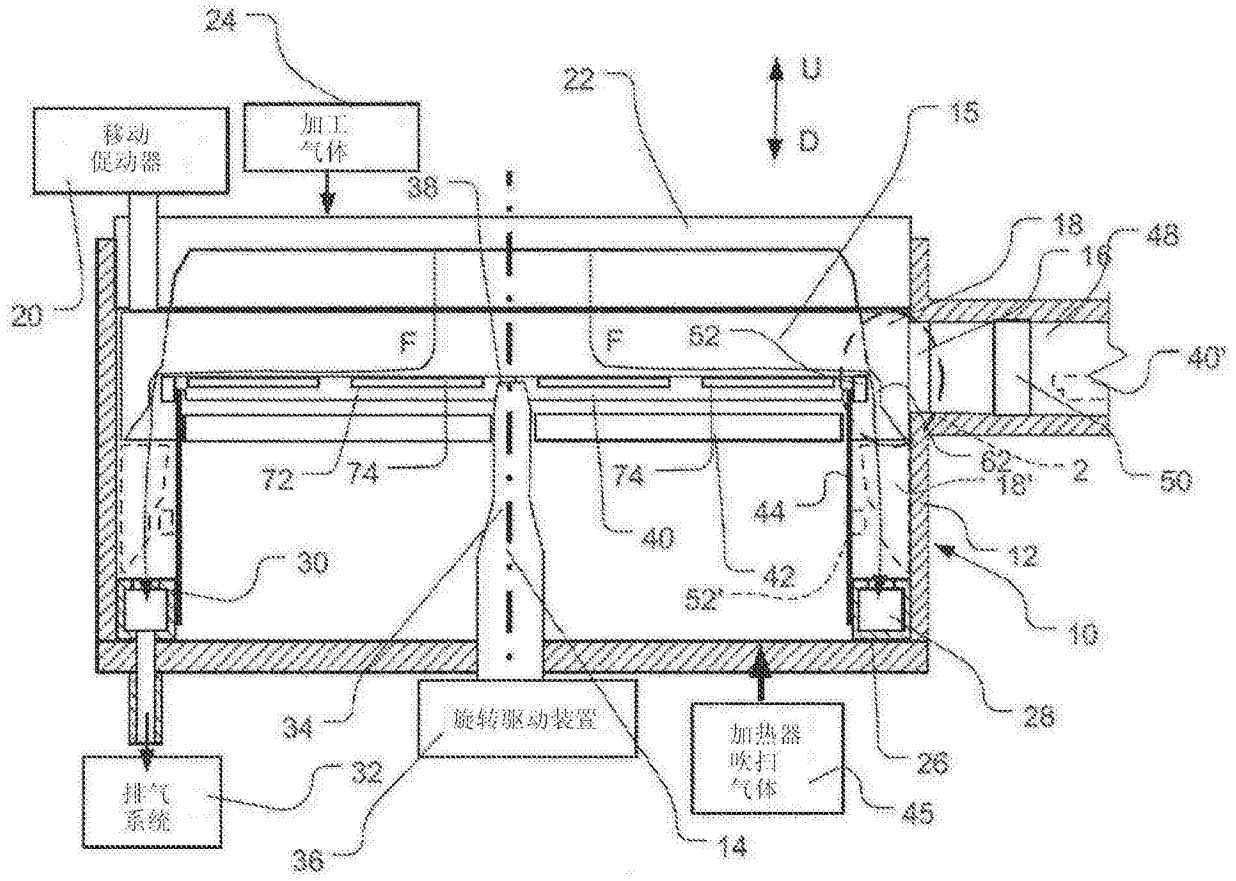


图 1

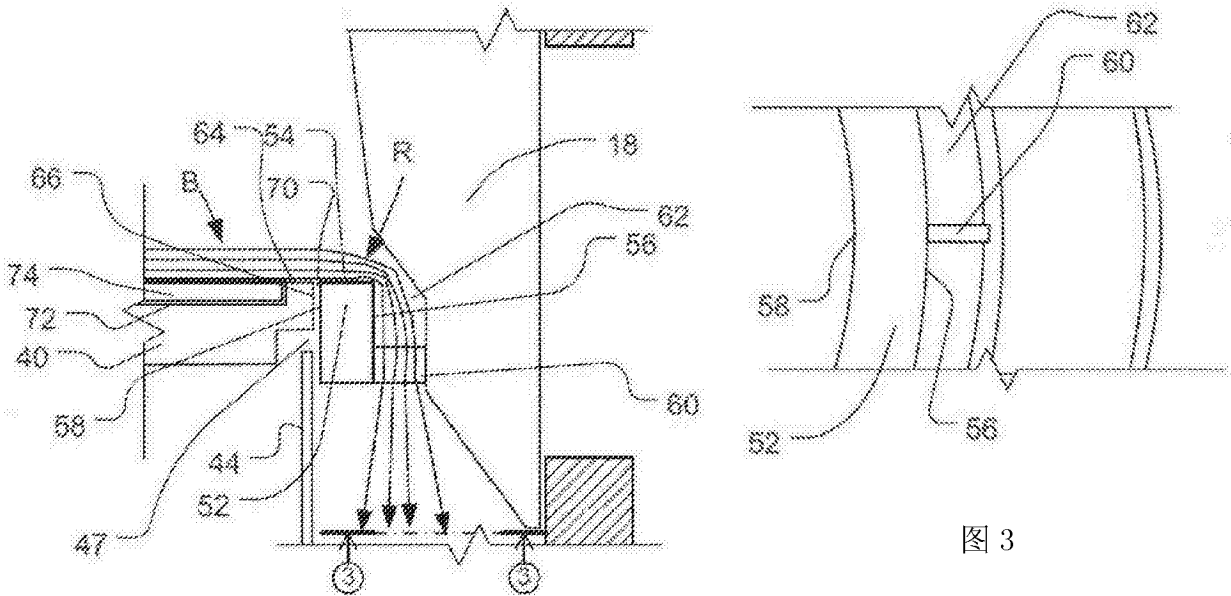


图 2

图 3

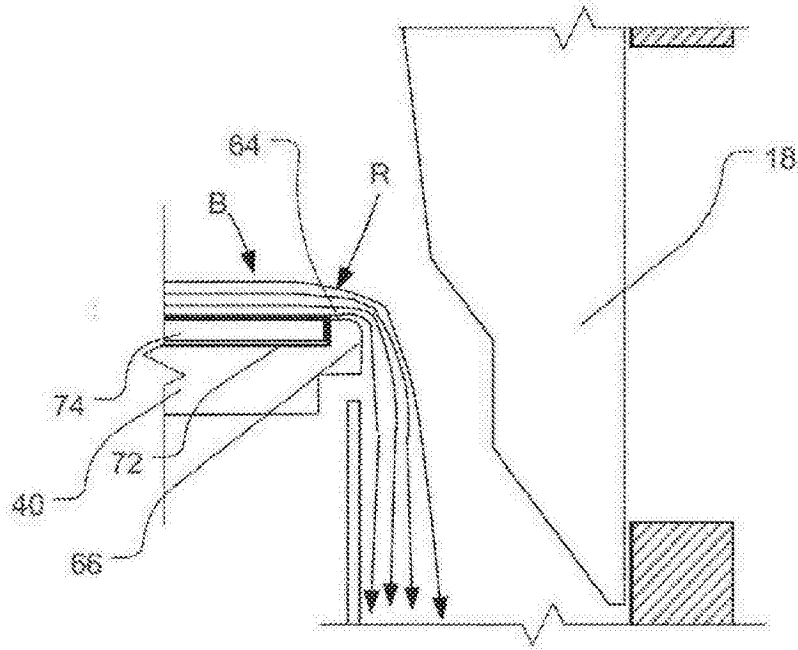


图 4

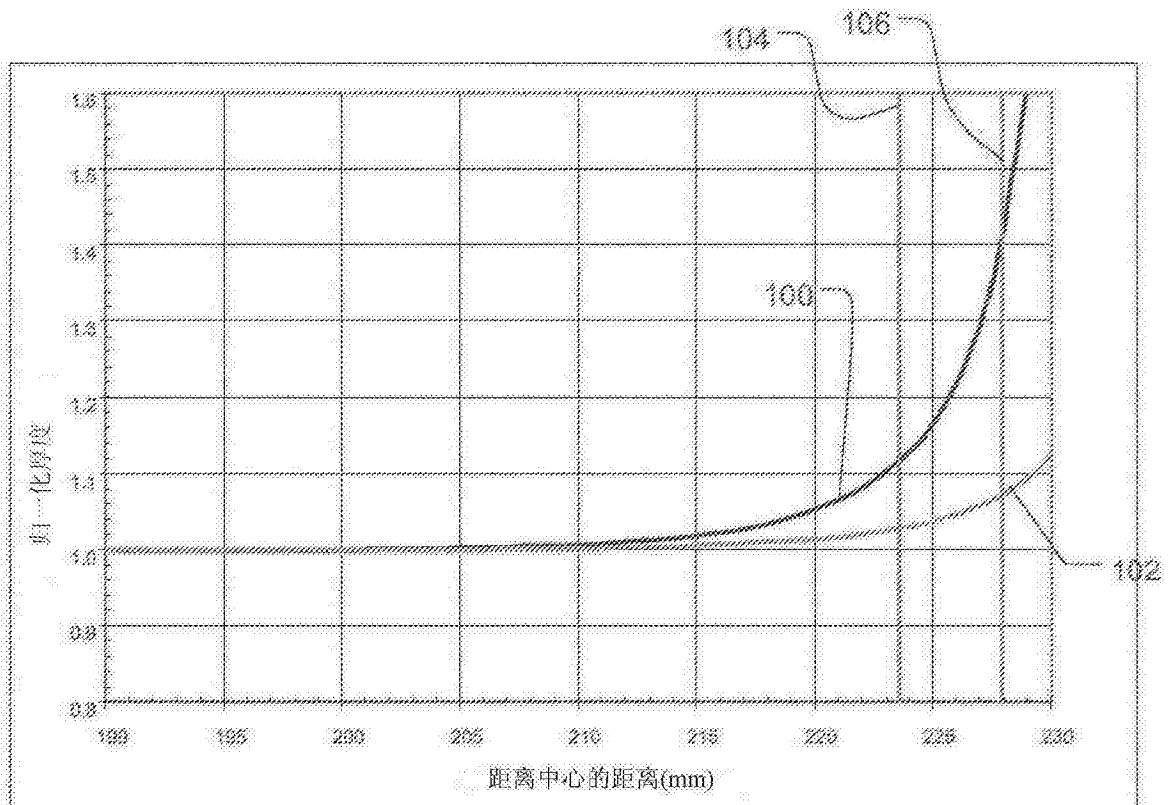


图 5

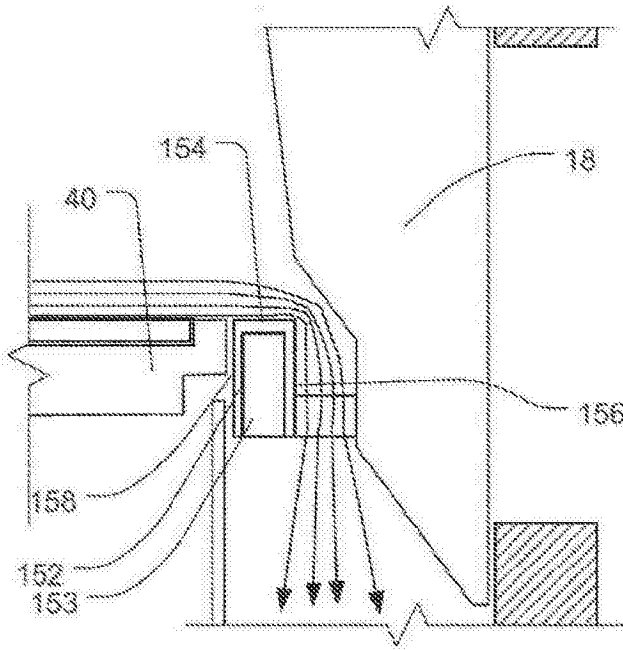


图 6

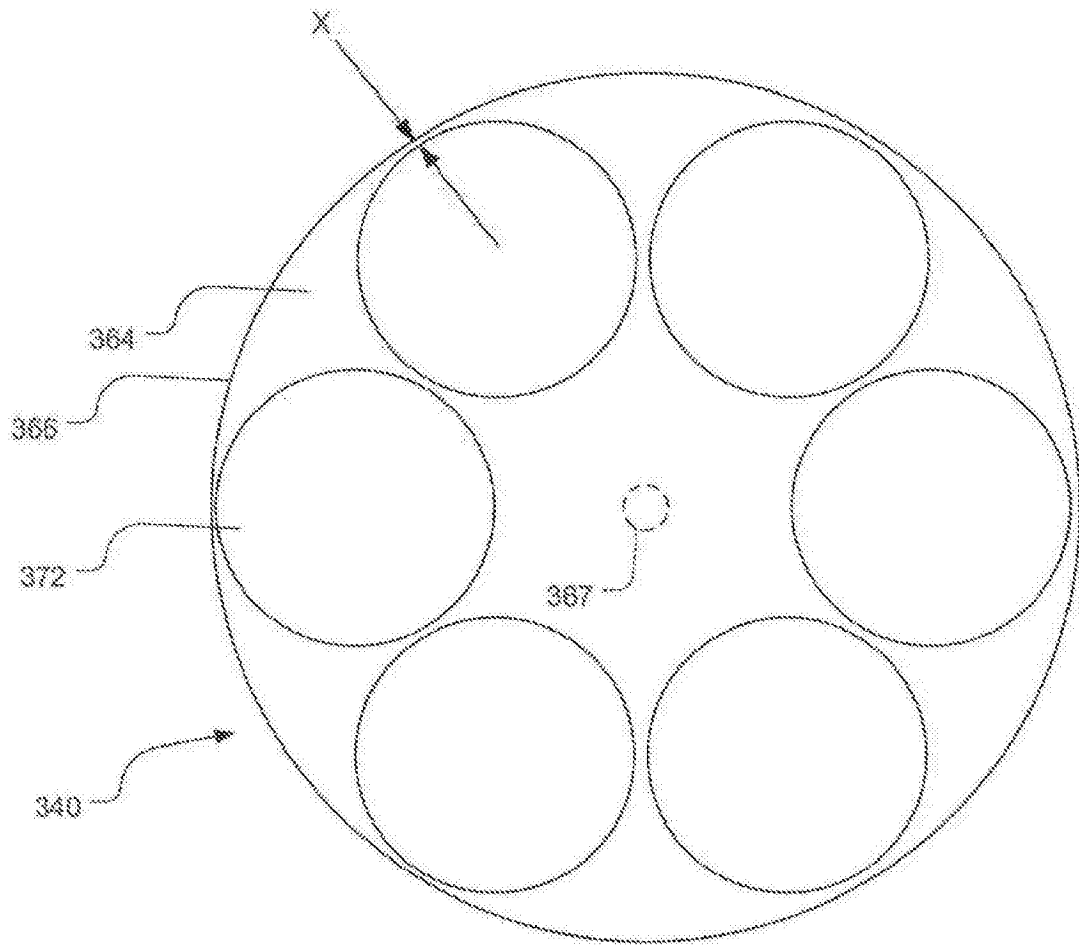


图 7

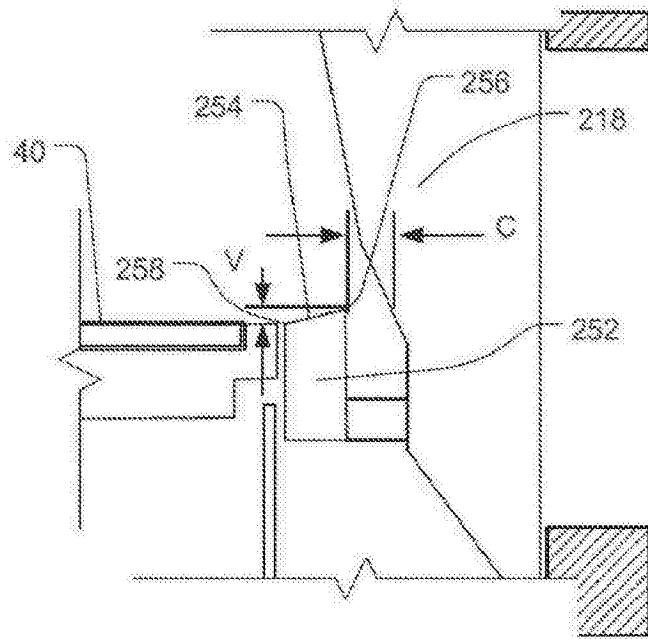


图 8

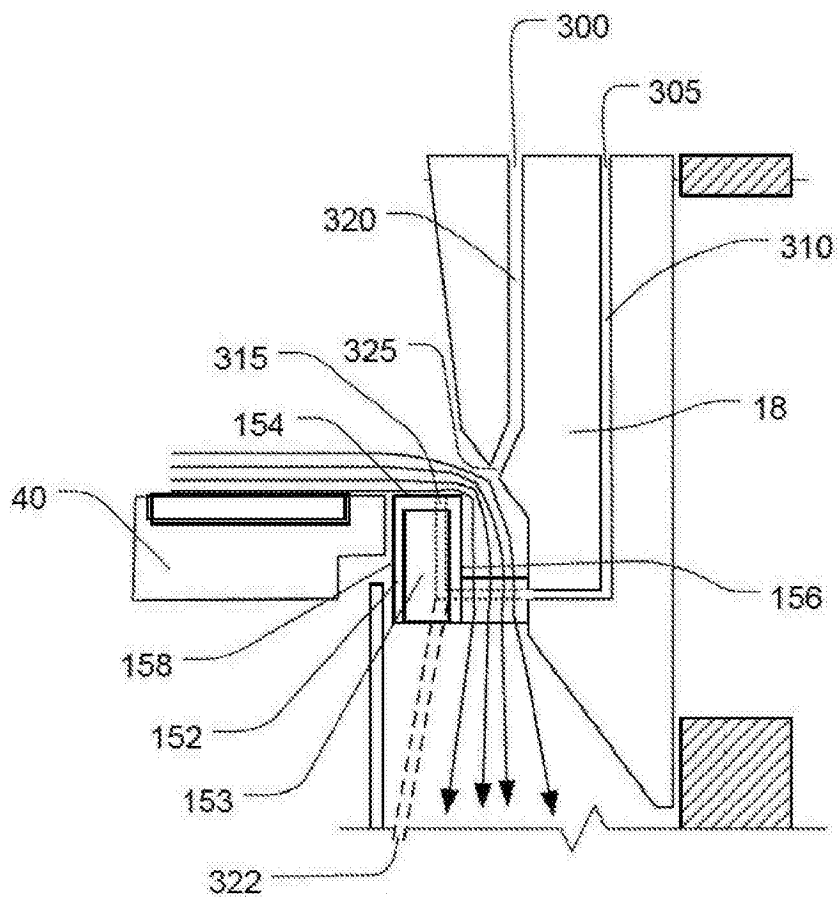


图 9

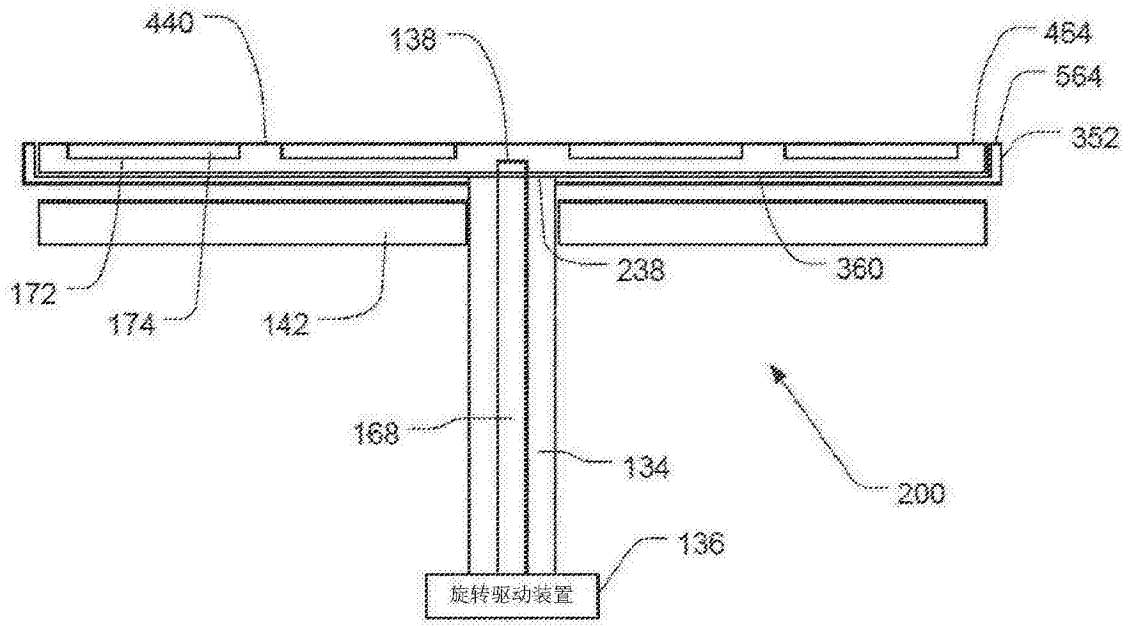


图 10

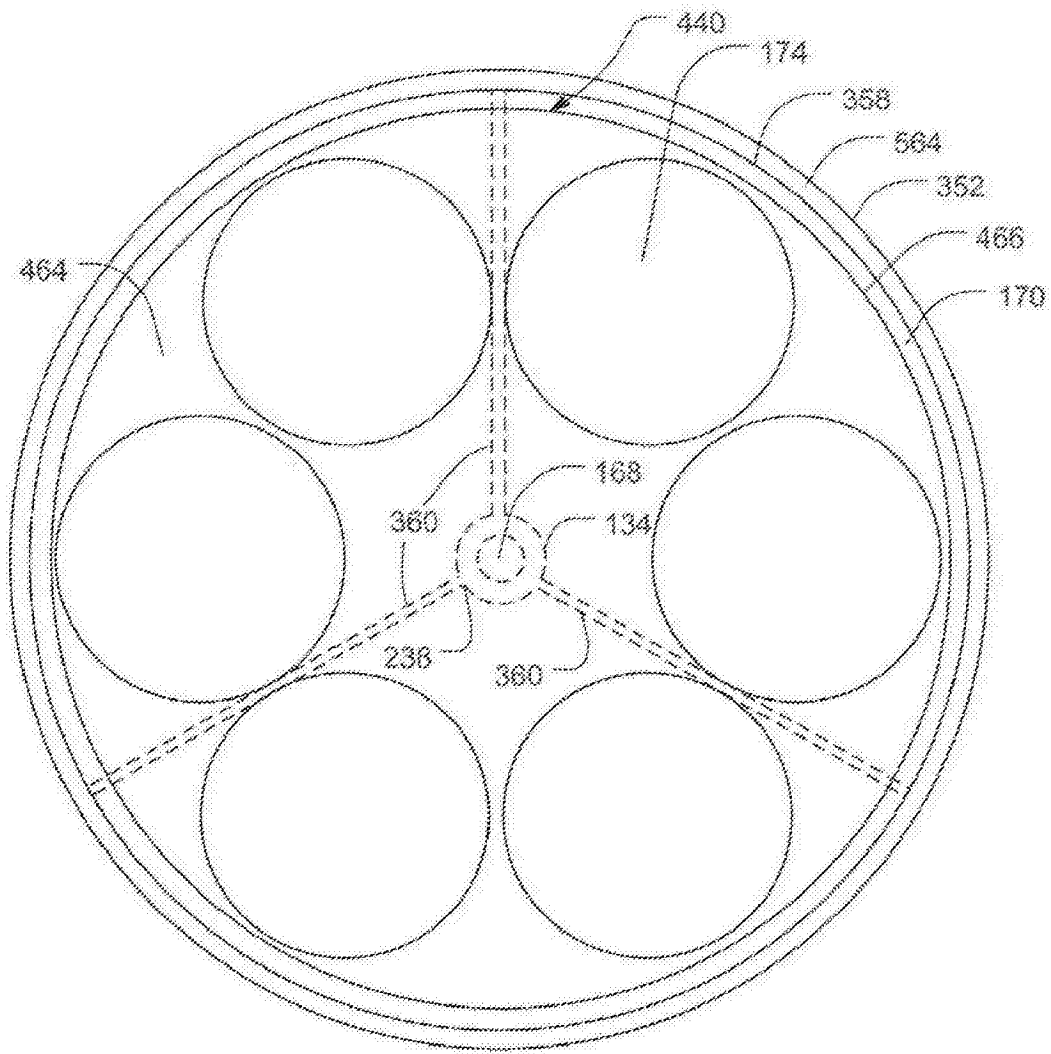


图 11