



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103459660 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 06

(21) 申请号 201180069841. 2

(22) 申请日 2011. 04. 07

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2013. 09. 30

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/FI2011/050302 2011. 04. 07

(87) PCT国际申请的公布数据
W02012/136875 EN 2012. 10. 11

(73) 专利权人 皮考逊公司
地址 芬兰埃斯波

(72) 发明人 V·基尔皮 W-M·李 T·马利南
J·科斯塔莫 S·林德弗斯

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

代理人 吴亦华

(51) Int. Cl.
C23C 16/455(2006. 01)

(56) 对比文件
CN 101052745 A, 2007. 10. 10, 说明书第 29

页第 2 段、第 30 页第 3-4 段、第 31 页第 2-3 段、附图 8.

US 2006/0196418 A1, 2006. 09. 07, 全文.

US 2010028122 A1, 2010. 02. 04, 说明书第 57-58 段、附图 4.

审查员 金桂香

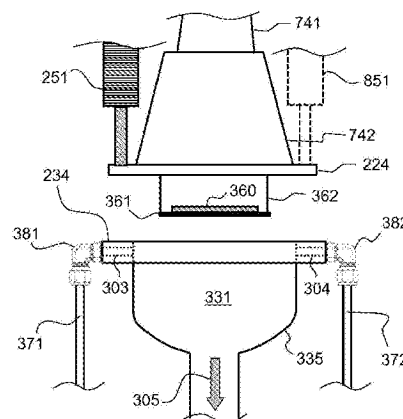
权利要求书1页 说明书9页 附图16页

(54) 发明名称

具有等离子体源的沉积反应器

(57) 摘要

本发明涉及一种沉积反应器,其包括:限定膨胀空间的进给部件,其被构造成引导反应物作为上到下的流从等离子体源(110)流向反应室,所述膨胀空间朝向反应室(335)变宽;和提升机构,其用于从反应室顶侧将至少一个基材(360)装载到所述反应室。所述沉积反应器被构造成在反应室中通过顺序自饱和和表面反应将材料沉积在所述至少一个基材上。



1. 一种沉积反应器,其包括:

限定膨胀空间的进给部件,其被构造成引导反应物作为上到下的流从等离子体源流向反应室,所述膨胀空间朝向所述反应室变宽;和

提升机构,其用于从所述反应室顶侧将至少一个基材装载到所述反应室,并且

所述沉积反应器被构造成在所述反应室中通过顺序自饱和和表面反应将材料沉积在所述至少一个基材上,

且其中所述提升机构被构造成改变所述进给部件的尺寸。

2. 权利要求 1 的沉积反应器,其中所述进给部件具有收缩形状和伸展形状,并且所述提升机构被构造成推动或牵拉所述进给部件从所述伸展形状到所述收缩形状,以在所述进给部件处于其收缩形状时,允许所述至少一个基材的所述装载。

3. 权利要求 1 或 2 的沉积反应器,其中所述进给部件被构造成垂直变形。

4. 权利要求 1 或 2 的沉积反应器,其中所述进给部件包括一组可活动以便安装在彼此内的嵌套子部件或环样构件。

5. 权利要求 1 或 2 的沉积反应器,其中所述进给部件由两个嵌套的子部件组成。

6. 权利要求 1 或 2 的沉积反应器,其中在沉积期间,所述进给部件与膨胀空间凸缘相连,膨胀空间凸缘又靠着反应室的上凸缘安装。

7. 权利要求 1 或 2 的沉积反应器,其中所述提升机构被构造成在用于装载或卸载的上部位置和用于沉积的下部位置之间移动携带所述至少一个基材的基材架。

8. 权利要求 1 或 2 的沉积反应器,其包括在等离子体源和所述反应室之间的基材传递室。

9. 权利要求 8 的沉积反应器,其中所述基材传递室包括用于装载锁定的界面。

10. 权利要求 1 的沉积反应器,其包括在所述进给部件中的手动出入舱口。

11. 权利要求 1 或 2 的沉积反应器,其中所述提升机构包括多个对称放置的升降器。

12. 权利要求 1 或 2 的沉积反应器,其中所述沉积反应器被构造成使用携带所述至少一个基材的基材架作为所述反应空间中气流的主要障碍物。

13. 权利要求 1 或 2 的沉积反应器,其包括在所述基材架与反应室壁之间的流量调节部件。

14. 一种用于在衬底上沉积材料的方法,所述方法包括:

操作根据权利要求 1-13 任一项所述的沉积反应器。

具有等离子体源的沉积反应器

发明领域

[0001] 本发明总的涉及具有等离子体源的沉积反应器。更具体地,但不是排他地,本发明涉及这样的沉积反应器,在其中材料通过顺序自饱和表面反应沉积在表面上。

[0002] 发明背景

[0003] 原子层外延(Atomic Layer Epitaxy, ALE)方法是 Tuomo Suntola 博士在 1970 年代初发明的。该方法的另一个通用名是原子层沉积(Atomic Layer Deposition, ALD),并且现在用它代替了 ALE。ALD 是基于向基材顺序引入至少两种反应性前体物质的特殊的化学淀积方法。所述基材位于反应空间内。反应空间通常被加热。ALD 的基本生长机制依赖于化学吸附(chemisorption)与物理吸附(physisorption)之间的结合强度差异。在所述沉积过程期间,ALD 利用化学吸附并消除物理吸附。化学吸附期间,在固相表面的原子和从气相抵达的分子之间形成强化学键。通过物理吸附的结合要弱的多,因为只涉及范德华力。当局部温度超过所述分子的凝结温度时,物理吸附键就很容易被热能断裂。

[0004] ALD 反应器的反应空间包括能够交替和顺序地暴露于用于薄膜沉积的每种 ALD 前体的所有加热表面。基本的 ALD 沉积周期由四个顺序的步骤组成:脉冲 A,吹扫 A,脉冲 B,和吹扫 B。脉冲 A 通常由金属前体蒸气组成,而脉冲 B 由非金属前体蒸气组成,尤其是氮或氧前体蒸气。不活泼气体例如氮气或氩气、和真空泵用于在吹扫 A 和吹扫 B 期间从反应空间清除气态反应副产物和剩余的反应物分子。沉积顺序包括至少一个沉积周期。重复沉积周期,直到沉积顺序已经产生期望厚度的薄膜。

[0005] 前体物质通过化学吸附与加热表面的反应性部位形成化学键。通常以一个前体脉冲期间在表面上形成不超过固体材料分子单层的方式来安排条件。因此,所述生长过程是自终结的或自饱和的。例如,第一种前体可以包括保持与所述吸附物质相连并使所述表面饱和的配位体,其阻止进一步的化学吸附。保持反应空间温度超过所使用的前体的凝结温度并低于其热分解温度,使得所述前体分子物质基本上完好地化学吸附在基材上。基本完好是指当前体分子物质化学吸附在表面上时,挥发性配位体可以离开所述前体分子。所述表面变得基本上被第一种类型的反应性部位、即第一种前体分子的吸附物质饱和。这个化学吸附步骤通常继之以第一吹扫步骤(吹扫 A),其中过量的第一种前体和可能的反应副产物被从反应空间除去。然后将第二种前体蒸气引入反应空间。第二种前体分子通常与第一种前体分子的吸附物质反应,从而形成所期望的薄膜材料。一旦已经消耗了吸附的第一种前体的全部量并且所述表面已经被第二种类型的反应性部位基本饱和,则该生长终止。过量的第二种前体蒸气和可能的反应副产物蒸气然后通过第二个吹扫步骤(吹扫 B)除去。然后重复所述周期,直到薄膜已经生长到所期望的厚度。沉积周期也可以更复杂。例如,所述周期可以包括被吹扫步骤分开的三个或更多个反应物蒸气脉冲。所有这些沉积周期形成了受逻辑单元或微处理器控制的定时沉积顺序。

[0006] 通过 ALD 生长的薄膜是致密的,无针孔并具有均一的厚度。例如,从三甲基铝($(\text{CH}_3)_3\text{Al}$ 、也称为 TMA 和水在 250–300°C 通过热 ALD 生长的氧化铝,在 100–200mm 直径晶片上通常有约 1% 的不均一性。通过 ALD 生长的金属氧化物薄膜适合于栅极电介质、电致发光

显示器绝缘体、磁读出头间隙的填充层、电容器电介质和钝化层。通过 ALD 生长的金属氮化物薄膜适合于扩散阻挡层,例如在双镶嵌结构中。

[0007] 适合于在各种 ALD 反应器中的 ALD 方法的前体公开于,例如,综述 R. Puurunen, "Surface chemistry of atomic layer deposition: A case study for the trimethylaluminum/water process", J. Appl. Phys., 97 (2005), 121301 页中,所述文献通过引用并入本文。

[0008] 在 ALD 方法中使用自由基可以获得一些优点,例如在非常低的沉积温度下使用热敏基材的可能性。在等离子体 ALD 反应器中,自由基由等离子体源产生。然而,使用等离子体源可能引起对沉积反应器的一定要求或特定的问题。

[0009] 发明概述

[0010] 根据本发明的第一个实例方面,提供了一种沉积反应器,其包括:

[0011] 限定膨胀空间的进给部件,其被构造成引导反应物作为上到下的流从等离子体源流向反应室,所述膨胀空间朝向所述反应室变宽;和提升机构,用于从所述反应室顶侧将至少一个基材装载到所述反应室,并且

[0012] 所述沉积反应器被构造成在所述反应室中通过顺序自饱和和表面反应将材料沉积在所述至少一个基材上。

[0013] 在某些实施方式中,沉积反应器是等离子体增强原子层沉积反应器, PEALD 反应器。在某些实施方式中,所述沉积反应器包括在反应室顶侧上的等离子体源。在某些实施方式中,等离子体源是感应耦合等离子体源。在某些实施方式中,所述等离子体源被构造成产生在沉积反应器中用作反应物的自由基。

[0014] 在某些实施方式中,所述提升机构能够从反应室的顶侧进行装载。

[0015] 在某些实施方式中,所述限定或形成膨胀空间的进给部件,其尺寸或者其形状或大小是可变的。在某些实施方式中,所述提升机构被构造成改变所述进给部件的尺寸。

[0016] 在某些实施方式中,所述进给部件具有收缩形状和伸展形状,并且所述提升机构被构造成推动或牵拉所述进给部件从所述伸展形状到所述收缩形状,在所述进给部件处于其收缩形状时,允许所述至少一个基材的所述装载。

[0017] 在某些实施方式中,所述进给部件被构造成垂直变形。

[0018] 在某些实施方式中,所述进给部件包括一组可活动以便安装在彼此内的嵌套子部件或环样构件。所述子部件可以是内部中空的。嵌套子部件的数量可以是两个或更多个,以形成套筒式(telescopic)结构。所述嵌套子部件的形式可以是截锥体(truncated cone)。在一种实施方式中,在所述进给部件实际上由两个或更多个子部件组成的情况下,至少最接近反应空间的子部件可以是截锥体。在某些实施方式中,所述进给部件由两个嵌套的子部件组成。

[0019] 在某些实施方式中,所述提升机构包括提升器。它可以包括例如线性馈通(feedthrough)。

[0020] 在某些实施方式中,沉积期间,所述进给部件与膨胀空间凸缘相连,膨胀空间凸缘又靠着反应室的上凸缘安装。藉此,可以提供紧靠表面密封的表面。

[0021] 在某些实施方式中,所述提升机构被构造成在用于装载或卸载的上部位置和用于沉积的下部位置之间移动携带所述至少一个基材的基材架。

[0022] 在某些实施方式中,所述沉积反应器包括在等离子体源和所述反应室之间的基材传递室。所述基材传递室可以包括用于装载锁定的界面。

[0023] 在某些实施方式中,所述沉积反应器包括在所述进给部件中的手动出入舱口(manual access hatch)。

[0024] 在某些实施方式中,所述沉积反应器包括包括多个对称放置的升降器的所述提升机构。在某些实施方式中,升降器的数量是两个。在某些其他实施方式中,升降器的数量是三个、四个或更多个。所述升降器可以相对于进给部件对称。

[0025] 在某些实施方式中,所述沉积反应器被构造成使用基材架(其携带所述至少一个基材)作为反应空间中气流的主要障碍物。

[0026] 在某些实施方式中,沉积反应器包括或具有流量调节部件。所述流量调节部件放置在基材架与反应室壁之间。它可以在基材架周围。在某些实施方式中,它可以基本上填充所述基材架与反应室壁之间的空间。在某些实施方式中,所述流量调节部件可以是其中有孔的环。所述孔可以大小一致,或者它们可以是大小可变的,以便在较大的孔中通过更多的流量。

[0027] 在某些实施方式中,所述进给部件是可变形的,并且所述设备包括至少一个机械致动器,以将所述进给部件在收缩形状和伸展形状之间变形。

[0028] 在某些实施方式中,携带至少一个基材的基材架与所述可变形的进给部件机械联接,并且其中使所述可变形进给部件变形,引起所述携带至少一个基材的基材架提升到用于装载或卸载的上部位置。

[0029] 根据本发明的第二个示例性方面,提供了一种方法,所述方法包括:

[0030] 操作根据任何所介绍的实施方式的沉积反应器。

[0031] 在某些实施方式中,所述方法包括使用可变形的进给部件,所述进给部件可通过至少一个机械致动器在收缩形状和伸展形状之间变形。

[0032] 在某些实施方式中,携带至少一个基材的基材架与所述可变形的进给部件机械联接,并且所述方法包括:通过使所述可变形进给部件变形,引起所述携带至少一个基材的基材架提升到用于装载或卸载的上部位置。

[0033] 本发明不同的非限制性示例方面和实施方式已经在上文中说明。上述实施方式仅用于阐明可以在实施本发明中使用的所选的方面或步骤。一些实施方式可以只参考本发明的某些示例方面来介绍。应该领会,相应的实施方式同样可以适用于其他示例方面。可以形成任何合适的实施方式组合。

[0034] 附图简要说明

[0035] 现在将只通过示例并参考附图说明本发明,在所述附图中:

[0036] 图 1 显示了根据示例性实施方式的沉积反应器;

[0037] 图 2 显示了具有朝向反应室变宽的膨胀空间的示例性实施方式;

[0038] 图 3 显示了升降器牵引基材架向上进行装载的示例性实施方式;

[0039] 图 4 显示了在抬升位置的图 3 实施方式中的基材;

[0040] 图 5 显示了升降器推动基材架向上进行装载的示例性实施方式;

[0041] 图 6 显示了在抬升位置的图 5 实施方式中的基材;

[0042] 图 7 显示了具有朝向反应室变宽的膨胀空间的另一种示例性实施方式;

- [0043] 图 8 显示了具有对称放置的升降器的示例性实施方式；
- [0044] 图 9 显示了以图 3 显示的示例性实施方式为基础的另一种示例性实施方式；
- [0045] 图 10 显示了在抬升位置的图 9 实施方式中的基材；
- [0046] 图 11 显示了根据示例性实施方式，使用基材架作为主要的流动障碍物的原理；
- [0047] 图 12 显示了具有流量调节部件的示例性实施方式；
- [0048] 图 13 显示了图 12 的流量调节部件的示例性实施；
- [0049] 图 14 显示了图 12 的流量调节部件的另一种示例性实施；
- [0050] 图 15 显示了根据示例性实施方式，在沉积反应器内加工一批基材；
- [0051] 图 16 显示了具有手动出入舱口的可替换实施方式；和
- [0052] 图 17 显示了根据示例性实施方式，沉积反应器控制系统的草框图。

[0053] 发明详述

[0054] 在下面的说明中，原子层沉积 (ALD) 技术被用作例子。然而，目的不是严格限于该技术，而是必须认识到，某些实施方式也可以适用于利用其他相当的原子规模沉积技术的方法和设备中。

[0055] ALD 生长机制的基础是技术人员已知的。ALD 方法的详情也已经在本专利申请的引言部分中说明。这些细节在此不重复，但是对于这方面参考了引言部分。

[0056] 图 1 显示了沉积反应器 (等离子体 ALD 反应器等) 的侧视图。所述沉积反应器包括在 ALD 反应器模块 130 内部基材传递室 120 下方的反应室 (图 1 中未显示)。源气体通过源气体管线 101 流入在反应室顶侧上的等离子体源 110。由等离子体源 110 从源气体生成的自由基通过管线 102 流向反应室。在等离子体源 110 和反应室之间，有基材传递室 120。至少一个基材通过传递室 120 装载到反应室中。基材传递室 120 包括用于装载锁定的界面等，用于装载所述至少一个基材。在示例性实施方式中，所述界面可以是装载锁定凸缘 122 等，具有闸门阀的装载锁可以与之相连。在一种示例性实施方式中，将所述至少一个基材装载到传递室中的可以是自动的程序。或者，可以手工装载所述至少一个基材。与传递室整合的较大的舱口 123 特别适合于手动装载和卸载。

[0057] 起于等离子体源的进给管线 102 可以在传递室 120 之前通过与管线 102 相连的关闭构件或阀 115、例如闸门阀等关闭。在一种实施方式中，沉积过程期间关闭构件或阀 115 可以从所述构造中省略，存在保护性惰性气体 (例如氩气) 从源气体管线 101 通过等离子体发生器 110 流向反应空间 (331, 图 3)。当阀 115 打开时，由等离子体源 110 从源气体生成的自由基通过进给管线 102 流向所述反应室。自由基流过传递室上凸缘 121 进入朝向反应室变宽的膨胀空间 (图 1 未显示)。这在图 2 中更详细地显示。

[0058] 膨胀空间由进给部件或组件限定或形成，所述进给部件或组件包括一组可活动以便安装在彼此内的嵌套子部件或环样构件。因而子部件 241-245 形成套筒式结构。在图 2 显示的示例性实施方式中，最上面的子部件 241 与传递室上凸缘 121 相连。所述凸缘 121 也可以表示为真空室凸缘，因为通常可以在传递室的围绕进给部件的部分中产生真空或接近真空。在图 2 显示的示例性实施方式中，最下面的子部件 245 与膨胀空间凸缘 224 相连，所述凸缘在沉积期间以基本防渗漏的方式靠着反应室凸缘 234 安装，防止反应空间 (331, 图 3) 和反应室周围的气体空间 (335, 图 3) 之间漏气。

[0059] 在图 2 显示的实施方式中，升降器 250 的可收缩轴与膨胀空间凸缘 224 相连，或

直接与进给部件相连。升降器 250 的主体也可以与传递室上凸缘 121 或与沉积反应器中的另一个合适的对应物相连。升降器 250 可以是例如利用至少部分被波纹管 251 等覆盖的可收缩轴操作的升降器。在一种实施方式中,这种安排在气动或线性致动器与膨胀空间凸缘 224 或进给部件之间形成防漏的竖直柔性覆盖物。在一种实施方式中,使用线性馈通(feedthrough),用于将进给部件和膨胀空间凸缘与基材架在真空中一起移动并从大气侧控制。

[0060] 在一个实施方式中,升降器波纹管 251 的底端与所述轴防渗漏式联接。用致动器在升降器波纹管 251 内牵引所述轴,使升降器波纹管 251 收缩,并且可以向上牵引所述至少一个基材 360 或基材架 361 供装载或卸载,同时保持基材操作区和它的周围处于真空。

[0061] 在可替代实施方式中,膨胀空间凸缘 224 没有与进给部件分开,而是形成进给部件的一部分,从而形成进给部件的底部。所述底部在该实施方式中靠着反应室起到边缘密封的功能。另一方面,它起到升降器 250 的固定点(升降器轴)的功能。

[0062] 所述进给部件具有如图 3 所示的伸展形状和如图 4 所示的收缩形状。当限定膨胀空间的进给部件处于其收缩形状(图 4)时,所述至少一个水平放置的基材 360 可以通过传递室 120 (图 1) 装载和卸载。当所述进给部件处于它的伸展形状(图 3)时,在反应室 335 的反应空间 331 中,通过顺序自饱和和表面反应,进而发生将材料沉积在所述至少一个基材 360 上。伸展形状与收缩形状之间的转变可通过升降器 250 (图 2) 等进行。在图 2-4 显示的实施方式中,当升降器波纹管 251 膨胀时,限定膨胀空间的所述部件处于其伸展形状(图 3)。并且,当升降器波纹管 251 收缩时,限定膨胀空间的所述部件处于其收缩形状(图 4)。

[0063] 在图 3 显示的实施方式中,所述至少一个基材 360 被基材架 361 支撑或平放在基材架 361 之上。在一个实施方式中,基材架包括两个以开放的间隙分开的区段,所述间隙宽得足够允许基材又在所述区段之间自由移动。基材架 361 通过架支撑体 362 与膨胀空间凸缘 224 相连。或者,来自等离子体源 110 (图 1 和 2) 和前体蒸气的自由基流向反应室 335 的反应空间 331。来自等离子体源 110 的自由基作为从上到下的流 301 通过膨胀空间流到反应空间 331,而前体蒸气通过进给管线 371 经过示例性的管件 381 和反应室凸缘 234 内的通道 303 或通过进给管线 372 经过示例性的管件 382 和反应室凸缘 234 内的通道 304 流动。废气通过在底部的废气导向装置被排除,如流向箭头 305 所示。

[0064] 在一个示例性实施方式中,基材架被构造成与膨胀空间凸缘 224 一起或与进给部件一起移动。以这种方式,可以向上牵引所述至少一个基材 360 或基材架 361 进行装载或卸载。在一种实施方式中,基材架 361 可与膨胀空间凸缘 224 可拆卸地连接。以这种方式,当处于上部位置(图 4)时,可以将基材架 361 与所述至少一个基材 360 一起装载或卸载。类似地,被垂直放入基材架的一批基材可以装载到沉积反应器中以及从所述沉积反应器卸载,如在下面参考图 15 的说明中更周密的描述。

[0065] 图 5 和 6 显示的示例性实施方式在其他方面都对应于图 2-4 显示的实施方式,但是代之以使用升降器将进给部件从伸展形状牵引到收缩形状进行装载或卸载,使用的是将所述部件从伸展形状推动到收缩形状的升降器。

[0066] 图 5 和 6 中显示的升降器包括通过升降器操作的提升框架 591。所述升降器可以是例如利用具有步进马达和导螺杆和线性馈通 551 等的气动致动器或线性致动器操作的升降器。在一种实施方式中,所述升降器包括柔性部件,例如边缘焊接的波纹管连接器,用

于保持真空空间与室内空气隔离。提升框架 591 与膨胀空间凸缘 224 相连,或与进给部件直接相连。

[0067] 在图 5 和 6 显示的实施方式中,当线性馈通 551 收缩时,所述进给部件处于其伸展形状(图 5)。而当线性馈通 551 膨胀时,所述进给部件处于其收缩形状(图 6)。

[0068] 图 7 显示了具有朝向反应室变宽的膨胀空间的另一种示例性实施方式。图 7 显示的示例性实施方式在其他方面的构造和操作都类似于图 2-6 显示的示例性实施方式,除了在此所述的进给部件只包括两个嵌套子部件 741 和 742。最下面的子部件 742 与最上面的子部件 741 连接,使得最下面的子部件 742 在最上面的子部件 741 周围安装。至少所述最下面的子部件 742 可以是截锥体的形式。最上面的子部件 741 可以优选是截锥体的形式或例如圆柱体。

[0069] 图 8 显示了升降器对称放置的示例性实施方式。除了图 2-4 和 7 显示的升降器 250 之外,图 8 中的提升机构还包括在所述进给部件的相对侧上的另一个升降器 850。图 8 中显示的示例性实施方式在其他方面的构造和操作类似于图 2-4 和 7 显示的示例性实施方式。升降器 850 可以是例如利用具有步进马达和导螺杆和线性馈通 851 等的气动致动器或线性致动器操作的升降器。还在其他的实施方式中,对称放置的升降器数量是三个或更多个。

[0070] 图 9 和 10 显示的示例性实施方式以图 3 和 4 显示的示例性实施方式为基础,并由来自图 7 和 / 或 8 显示的示例性实施方式的特征加以补充。因此,图 9 和 10 显示的示例性实施方式除了在此的进给部件只包括两个嵌套的子部件 741 和 742 之外,其他方面的构造和操作与图 3 和 4 显示的示例性实施方式类似。任选地,所述提升机构还包括两个或更多个对称放置的升降器。

[0071] 在图 9 中,限定膨胀空间的进给部件处于其伸展形状(基材架 361 和所述至少一个基材 360 处于供沉积的下降位置上)。在一种实施方式中,上部子部件 741 具有从所述上部子部件 741 的下缘向外延伸的外边缘(例如 3-10mm 宽),而下部子部件 742 具有从所述下部子部件 742 的上缘向内延伸的内边缘(例如 3-10mm 宽)。当所述进给部件处于其伸展形状时,所述内边缘位于外边缘上,在所述进给部件内的膨胀空间与围绕所述进给部件的居间空间之间形成基本上防渗漏的表面靠表面密封。在图 10 中,所述进给部件已经由提升机构变形为其收缩形状(基材架 361 和所述至少一个基材 360 处于供装载或卸载的上升位置上)。在一种实施方式中,当进给部件处于它的收缩形状时,在所述内边缘和外边缘之间有大而开放的水平间隙。当进给部件变形成其伸展形状并且所述内边缘仔细地压靠着所述外边缘时,所述间隙消失。因为在进给部件从它的伸展形状变形到它的收缩状态和回到它的伸展形状时,进给子部件的表面彼此不相摩擦,从而避免了形成粒子。

[0072] 图 11 显示了根据示例性实施方式,使用基材架作为流动障碍物的原理。在这个实施方式中,基材架 361 与反应室 335 的整个宽度相比大得以至于它形成在反应室 335 中气流的主要或首要障碍物。在一个示例性实施方式中,布置在膨胀空间凸缘 224 等中的基材架连接件,使得所述基材架 361 在横向上尽可能接近反应室的中心。以这种方式,基材架 361 到反应室 335 相对侧的壁的距离(距离 a 和 b)相同。当气流 1103 和 1103' 向着废气导向装置,在基材架 361 的相对侧上用箭头 305 表示的所述废气导向装置内的流向接近相同时,产生在基材 360 上更均匀的材料生长条件,这是因为在基材架下面的气体空间和基材

架上面的气体空间之间形成了压力梯度,它有助于有效地引导所有的气态物质以横向从基材的中心区到基材 360 的外缘上和进一步到基材架 361 的外缘上。压力梯度是指基材架上方的压力比基材架下面的高。

[0073] 为了对不均匀的气流进行补偿,或为了以其它方式调节气流,使得在所述至少一个基材上的材料生长尽可能均匀,在反应室 335 中可使用流动调节部件,例如如图 12 显示的部件 1290。在图 12 显示的示例性实施方式中,流动调节部件 1290 被放置在基材架 361 与反应室 335 的壁之间。在示例性实施方式中,它是环样构件。在示例实施方式中,它围绕基材架 361。在示例性实施方式中,所述流动调节部件 1290 起到基材架 361 的支撑体的作用。在示例性实施方式中,它基本上填充了基材架 361 与反应室壁之间的空间。流动调节部件 1290 优选是有孔的或至少部分有水平或竖直的狭槽,以便于气体穿过所述流动调节部件的受控流动或受到所述流动调节部件控制的流动。

[0074] 图 13 和 14 显示了其中包含孔(或通道)的流动调节部件 1290。在这种实施方式中的流动调节操作是以较大的孔(较高的气流传导率)能够比较小的孔(较小的气流传导率)通过更多的流量这一事实为基础。根据要求,所述孔可以是大小一致的,例如如图 13 中的孔 1391,或者它们可以是大小可变的,例如如图 14 显示的孔。在图 14 显示的实施方式中,在某个扇形面 1495 中的孔 1492 比其他孔 1491 小,导致在较小的孔的区域内流动限制。在一个实施方式中,所述流量调节部件具有可变密度的孔,使得孔密度较高的区域具有比孔密度较小的区域更高的气流传导率。

[0075] 图 15 显示了根据示例性实施方式,在沉积反应器内加工一批基材。所述沉积反应器可从反应室 1535 的顶侧装载和卸载。

[0076] 当膨胀空间凸缘 224 在其上部位置时,用携带一批竖直放置的基材 1560 的基材架 1561 可装载或卸载反应室 1535。携带基材 1560 的基材架 1561 可以在横向 1501 中移入膨胀空间凸缘 224 中的连接件 1563 等中进行装载,和从所述连接件 1563 移出进行卸载。基材架 1561 包括夹持构件 1564,例如安装在连接件 1563 中的钩子等。膨胀空间凸缘 224 与携带基材 1560 的基材架 1561 一起,可以在提升机构(图 15 中未显示)的帮助下以垂直方向 1502 移动。它可以下降到反应室 1535 中进行沉积,并随后在处理之后,从反应室 1535 出升高离开进行卸载。沉积过程期间,膨胀空间凸缘 224 将反应空间与围绕反应室 1535 的居间空间密封开。

[0077] 或者,在基材架 1561 中的所述基材 1560 批可以在基材架移入反应室 1535 和从反应室 1535 移出,而不连接于膨胀空间凸缘 224,例如,合适的机器人将基材架操纵器(未显示)延伸过反应室,以用新的基材架更换该基材架。

[0078] 结合图 15 描述的加载与卸载方法和连接件也适用于本说明书中介绍的其他实施方式。

[0079] 图 16 显示了具有手动出入舱口的可替代实施方式。与前面的示例性实施方式相似,图 16 显示的示例性实施方式中的自由基流 1601 在膨胀空间 1640 中膨胀成膨胀的自由基流 1611。与前面的实施方式一样,等离子体发生器和基材架之间的气体空间基本上由开放的气体空间构成,使得由等离子体发生器产生的大部分自由基能够基本完好到达基材,而不会在所述基材之前击中任何表面。任何与表面的接触将降低自由基的浓度。然而,与某些前面的实施方式介绍的不同,在这个示例性实施方式中,限定膨胀空间 1640 的所述

部件(图 16)不需要它的尺寸可变,但是可以通过安排在限定所述膨胀空间的部件一侧的手动出入舱口 1625 装载和卸载所述至少一个基材。所述手动出入舱口 1625 可以例如通过图 1 显示的舱口 123 便利地操作。

[0080] 在一个示例性实施方式中,本文描述的沉积反应器是计算机控制系统。储存在所述系统存储器中的计算机程序包括指令,其在被所述系统的至少一个处理器执行时引起沉积反应器按照指令运行。所述指令可以是计算机可读程序代码的形式。图 17 显示了沉积反应器控制系统 1700 的草框图。在基本的系统设置中,工艺参数在软件的帮助下程序化,并用人机接口(HMI)终端 1706 执行指令并将所述指令通过以太网总线 1704 等下载到控制箱 1702。在一个实施方式中,控制箱 1702 包括通用型可编程逻辑控制(PLC)单元。所述控制箱 1702 包括至少一个微处理器、动态和静态存储器、I/O 模块、A/D 和 D/A 转换器、以及功率继电器,所述微处理器用于执行包括储存在存储器中的程序代码在内的控制箱软件。控制箱 1702 将电力送往沉积反应器的合适的阀的气动控制器,与质量流量控制器具有双向通信,控制等离子体源和自由基生成和升降器的操作,以及以其它方式控制沉积反应器的操作。控制升降器的操作包括控制升降器在用于装载或卸载的上部位置和用于沉积的下部位置之间移动携带所述至少一个基材的基材架。控制箱 1702 可以测量来自沉积反应器的探测读数,并将其转播到 HMI 终端 1706。虚线 1716 指示沉积反应器部件和控制箱 1702 之间的接口线。

[0081] 下面的试验实施例进一步展示了选定的示例性实施方式的操作。

[0082] 实施例 1

[0083] 在这个实施例中,ALD 反应器配备有自动晶片装载系统,和远程等离子体发生器。所述晶片装载系统以闸门阀与装载锁定凸缘 122 相连(图 1)。在这个试验中,在没有关闭构件 115 下操作所述沉积反应器,并且等离子体发生器连接在传递室上凸缘 121 的顶部。ALD 反应器的非自由基前体进给管线 371、372 用氮气吹扫。在每个所述进给管线中,氮气流速通常在 50-150sccm 的范围内。优选在进给管线中使用小氮气流速(50sccm),以保持反应室 331 的压力适合于用自由基加工。

[0084] 远程等离子体发生器和 ALD 反应室之间的自由基源线用氩气吹扫。氩气的流速通常在 10-100sccm 的范围内。优选使用小氩气流速(20sccm)以可靠地接通等离子体。

[0085] 在用真空泵保持反应器真空的同时,将 ALD 反应室加热到 200℃。用等离子体源生成自由基期间,反应室的压力优选在 0.2-1.0hPa 范围内。用升降器 250 将膨胀空间凸缘 224 与嵌套的膨胀空间子部件 241、242 一起升起至晶片操作位置。打开闸门阀,用自动晶片装载系统将具有 100-mm 硅晶片的晶片叉经过膨胀空间凸缘 224 与反应室凸缘 234 之间的开放间隙,推到基材架 361 区段上方的空间。然后降低晶片叉,直到所述基材停放在基材架 361 区段上。基材架 361 在所述基材架的左右区段之间具有足够宽的开放间隙,使得所述晶片叉可以在基材架的侧面之间自由地上下移动,同时基材架的所述区段可以牢固地支撑从晶片叉抬起的晶片。然后,水平牵引空的晶片叉离开基材架 361 区段下面的空间,到达装载锁定空间(未显示)。

[0086] 围绕反应室的反应器居间空间用与装载锁定凸缘 122 相连的闸门阀(未显示)与装载锁定空间密封开。用气动提升系统将带有基材架 361 的膨胀空间凸缘 224 降低到反应室上的沉积位置,将反应室空间与居间空间密封开。

[0087] 通过将三甲基铝(TMA)蒸气经进给部件 371 到达反应室脉冲 0.1s,启动沉积过程。TMA 分子化学吸附在基材表面上并在所述表面上形成铝前体物质的分子层。然后,用从进给管线 371、372 中非自由基前体抵达的氮气和从等离子体发生器抵达的氩气吹扫所述反应室 8s,以除去剩余的 TMA 分子和来源于所述表面反应的反应副产物(例如甲烷 CH₄ 分子)。

[0088] 氩气连续经过远程等离子体发生器流向 ALD 反应室,以阻止活性气体向远程等离子体发生器返流。氩气的质量流速是 20sccm。打开氧气管线在远程等离子体发生器之前的脉冲阀,以将氧气注入流动的氩气中。氧气的质量流速是 50sccm。因为氧气注入改变了远程等离子体发生器内部的压力,远程等离子体发生器内部氩气和氧气混合流的稳定要等待 1.5s。这种预等待状态(这个试验中为 1.5s)有助于在沉积过程期间在每个脉冲程序中可靠地接通等离子体。接着,将等离子体发生器的功率水平从 RF 功率关闭水平(p1=0W)提高到 RF 功率开启水平(p2=2500W),并在该 RF 功率水平上保持 6s 以生成氧自由基。然后将该功率水平降回到 RF 功率关闭水平(p1=0W)。0.5s 之后,关闭氧气管线的脉冲阀。在降低 RF 功率水平之后这种任选的后等待状态(在这个试验中为 0.5s)用来帮助在沉积过程期间的每个脉冲程序中以受控的方式可靠地切断等离子体。

[0089] 为了完成所述基本的脉冲顺序,用和 TMA 脉冲之后相同的方式吹扫系统,以从反应室除去剩余的前体分子和反应副产物。由 TMA 脉冲 / 吹扫 / 自由基脉冲 / 吹扫组成的脉冲程序重复 500 次。

[0090] 沉积过程之后,用升降器 250 将膨胀空间凸缘 224 与嵌套的膨胀空间子部件 241、242 一起升起至晶片操作位置。打开闸门阀,用自动晶片装载系统将空晶片叉经过膨胀空间凸缘 224 与反应室凸缘 234 之间的开放间隙,推到基材架 361 区段下方的空间。然后升起晶片叉,直到所述基材停放在晶片叉上。然后,水平牵引有晶片的晶片叉离开基材架 361 区段上方的空间,到达装载锁定空间(未显示)。

[0091] 结果,100-mm 晶片具有高质量的 Al₂O₃薄膜,在所述晶片上从 49 个点测量的 1-σ 厚度不均匀性小于 2%。

[0092] 实施例 2

[0093] 用 TMA 和分子氧(O₂) 在 200℃以热 ALD 模式进行沉积试验,用于比较。要注意,O₂ 过于惰性而不能与 TMA 分子反应,没有生长出薄膜。因此,需要氧自由基(O*) 进行薄膜生长。

[0094] 上述说明通过本发明的具体实行和实施方式的非限制性实例提供了发明人考虑的当前用于执行本发明的最佳方式的充分和信息的描述。然而,本领域技术人员清楚,本发明不局限于上面介绍的实施方式的细节,而是它可以使用等价手段以其他实施方式实行,而不偏离本发明特征。

[0095] 此外,在没有相应使用其他特征时,以上公开的本发明实施方式的一些特征可以用来达成优势。因此,上文的描述应该被认为是仅仅说明本发明的原理,而不是限制本发明。因此,本发明的范围只受所附的专利权利要求书的制约。

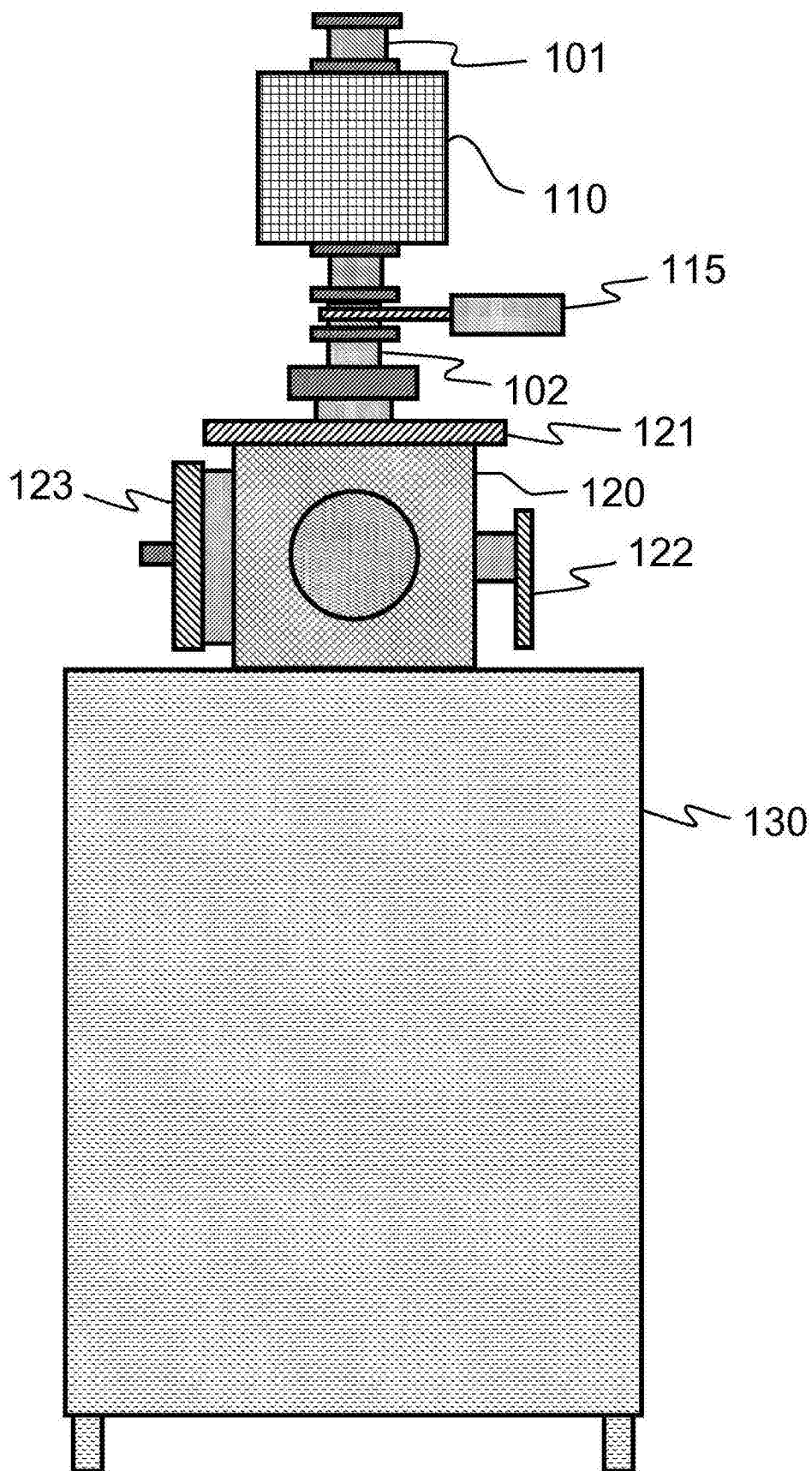


图 1

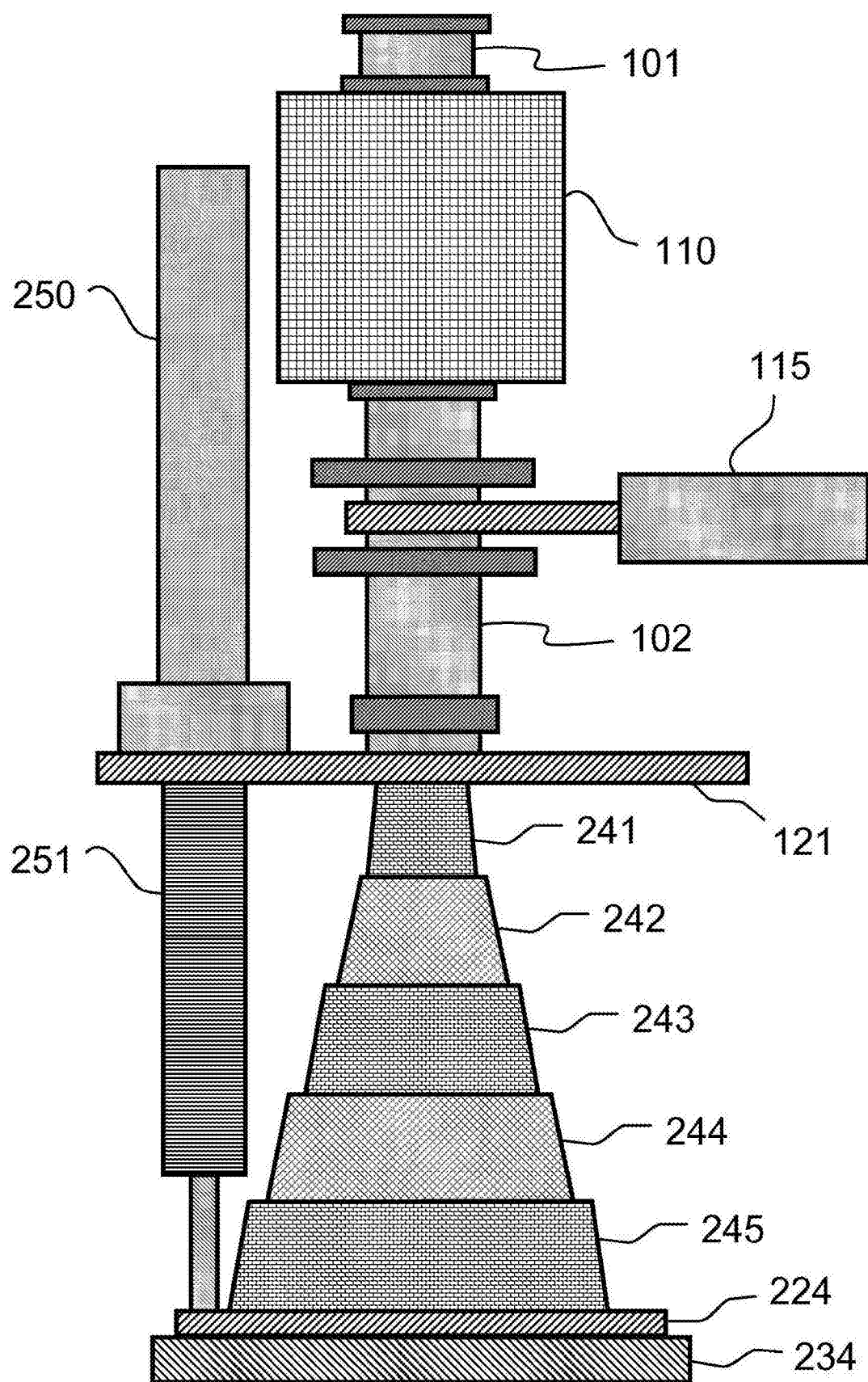


图 2

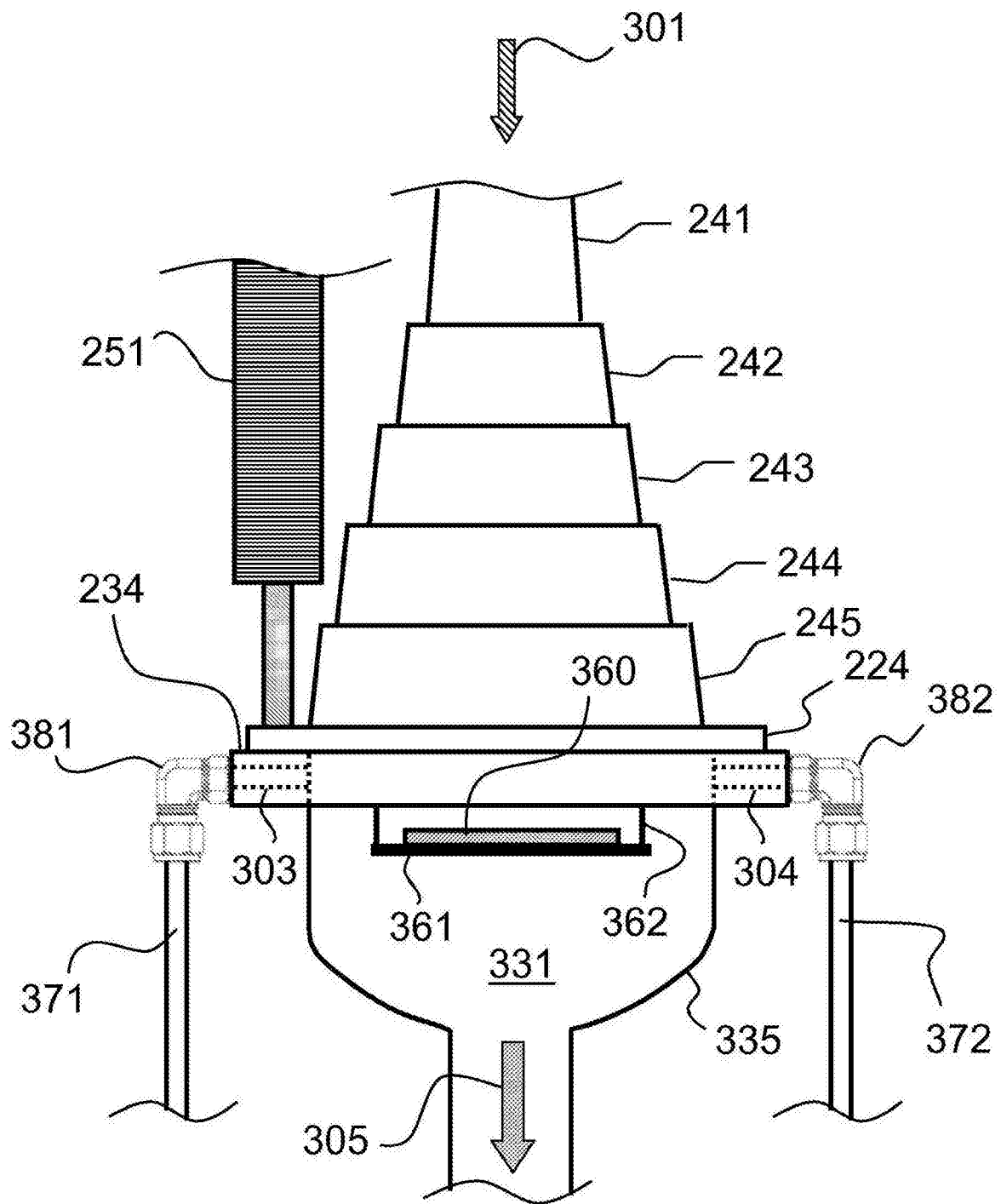


图 3

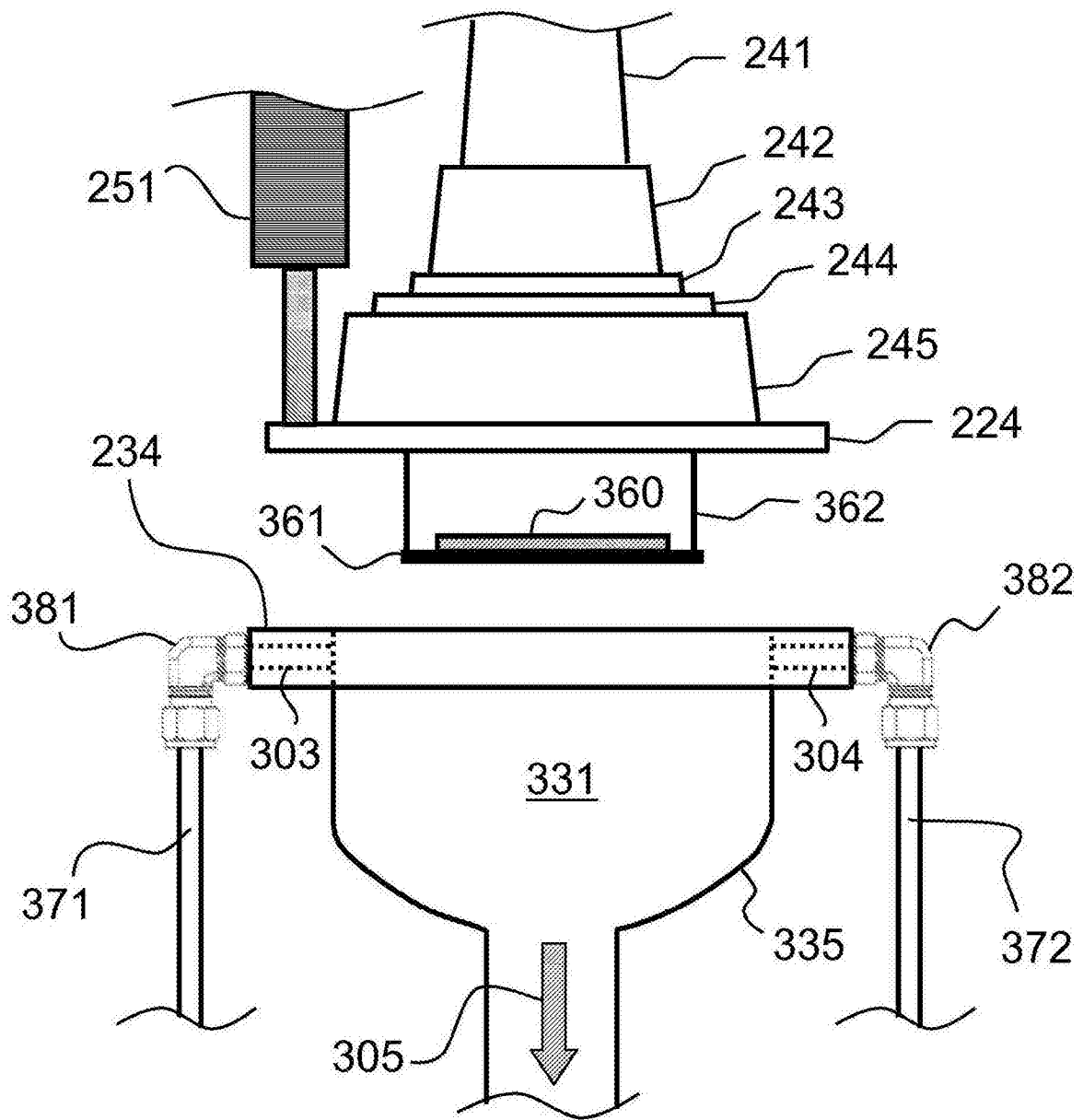


图 4

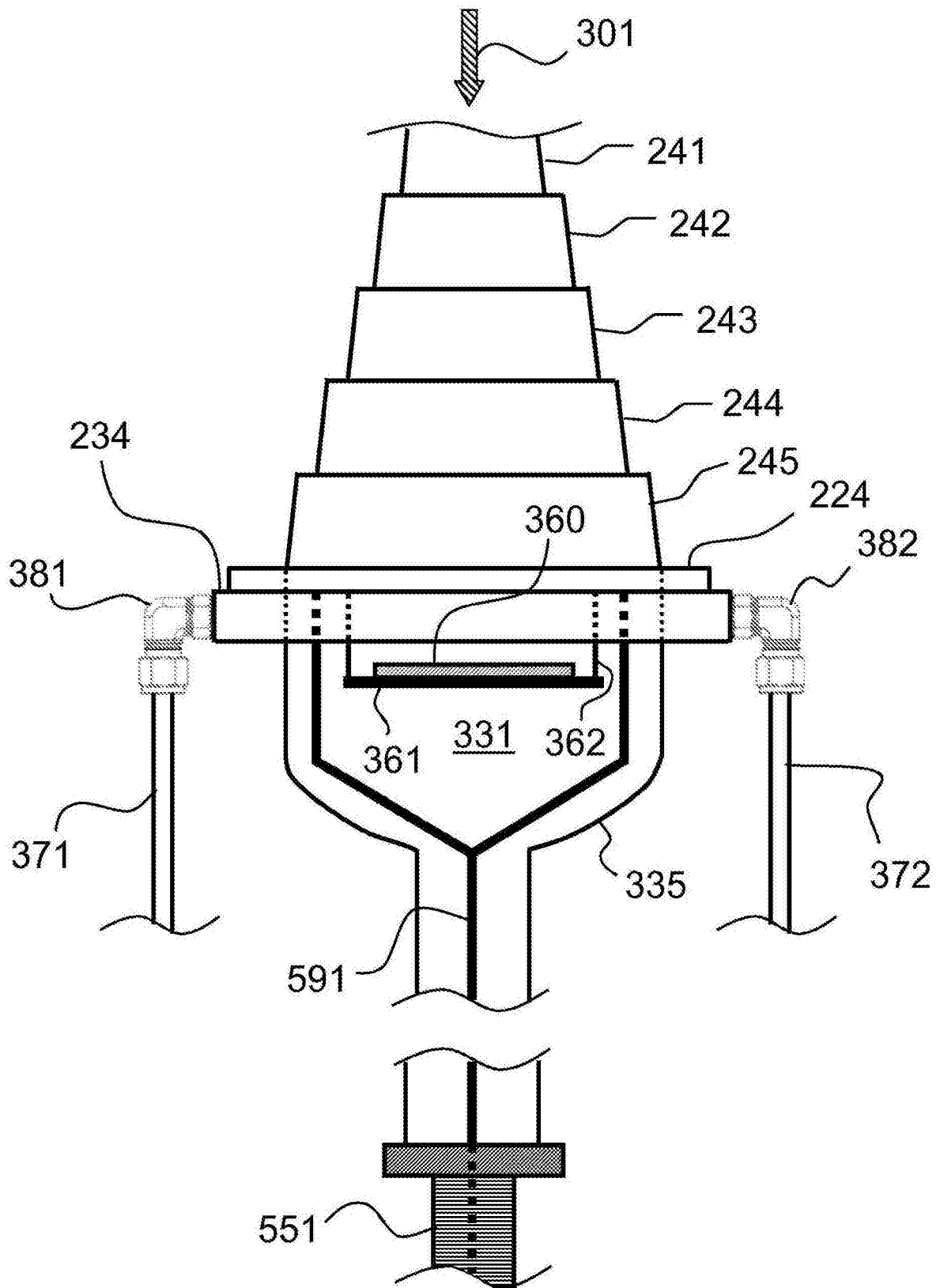


图 5

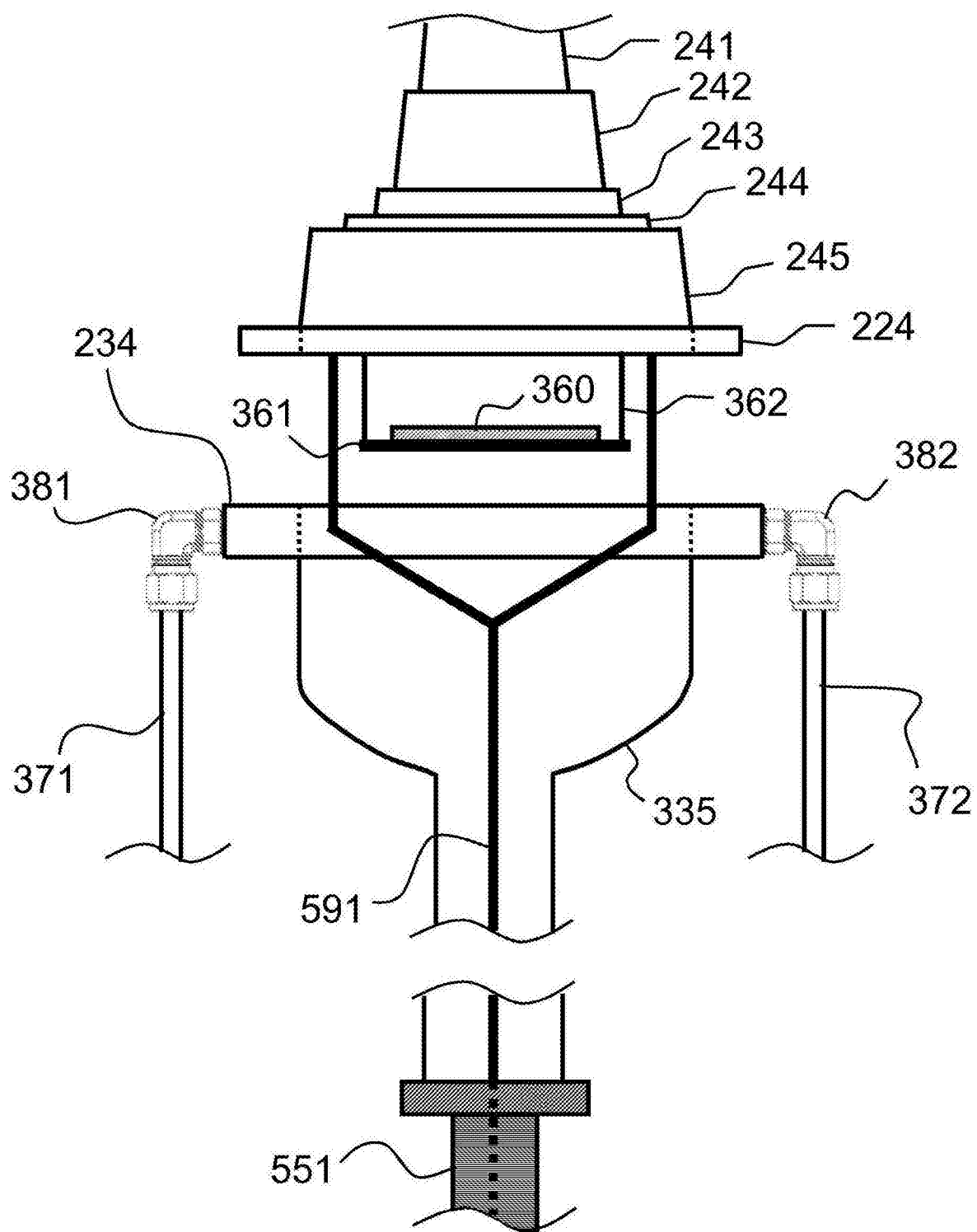


图 6

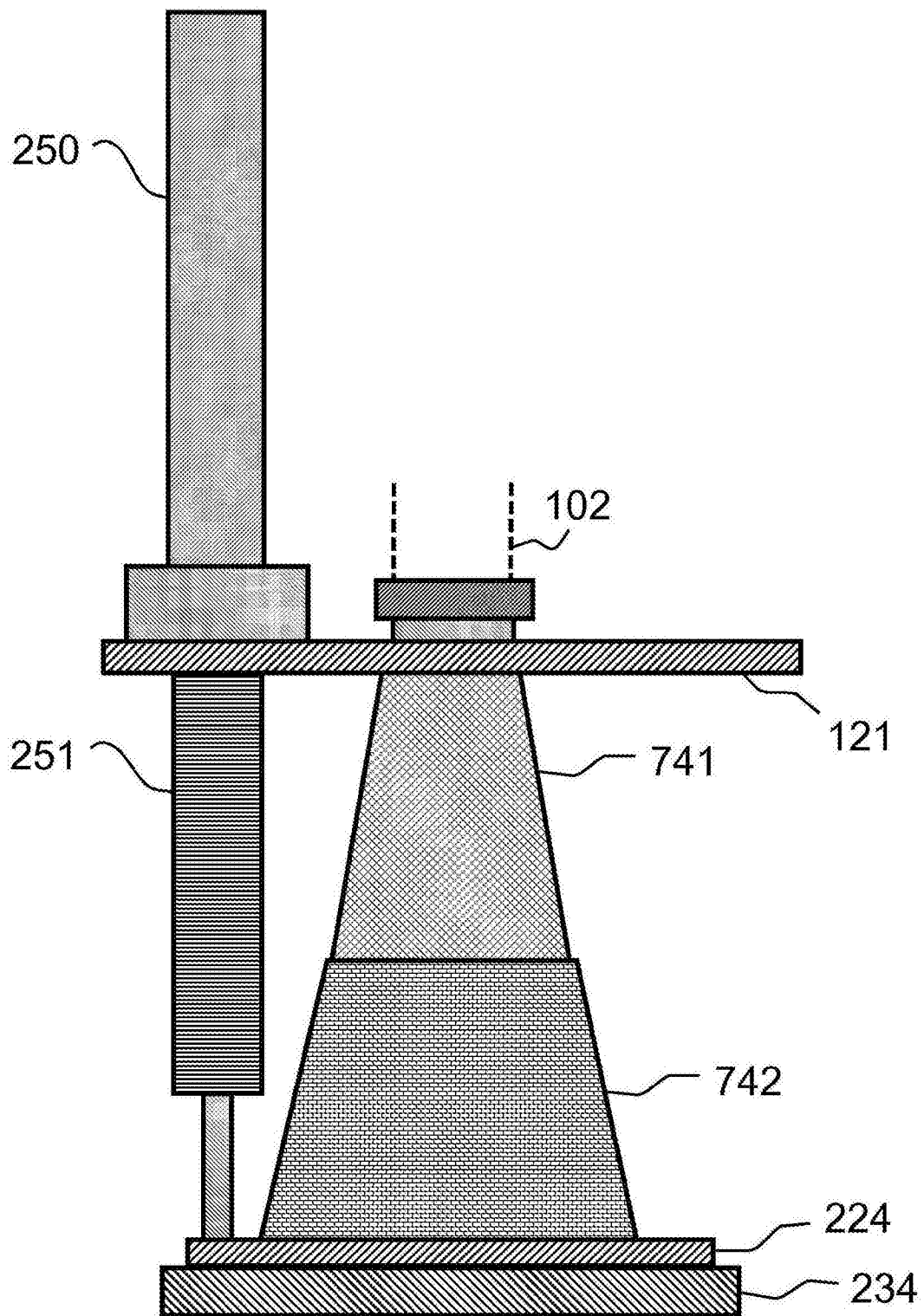


图 7

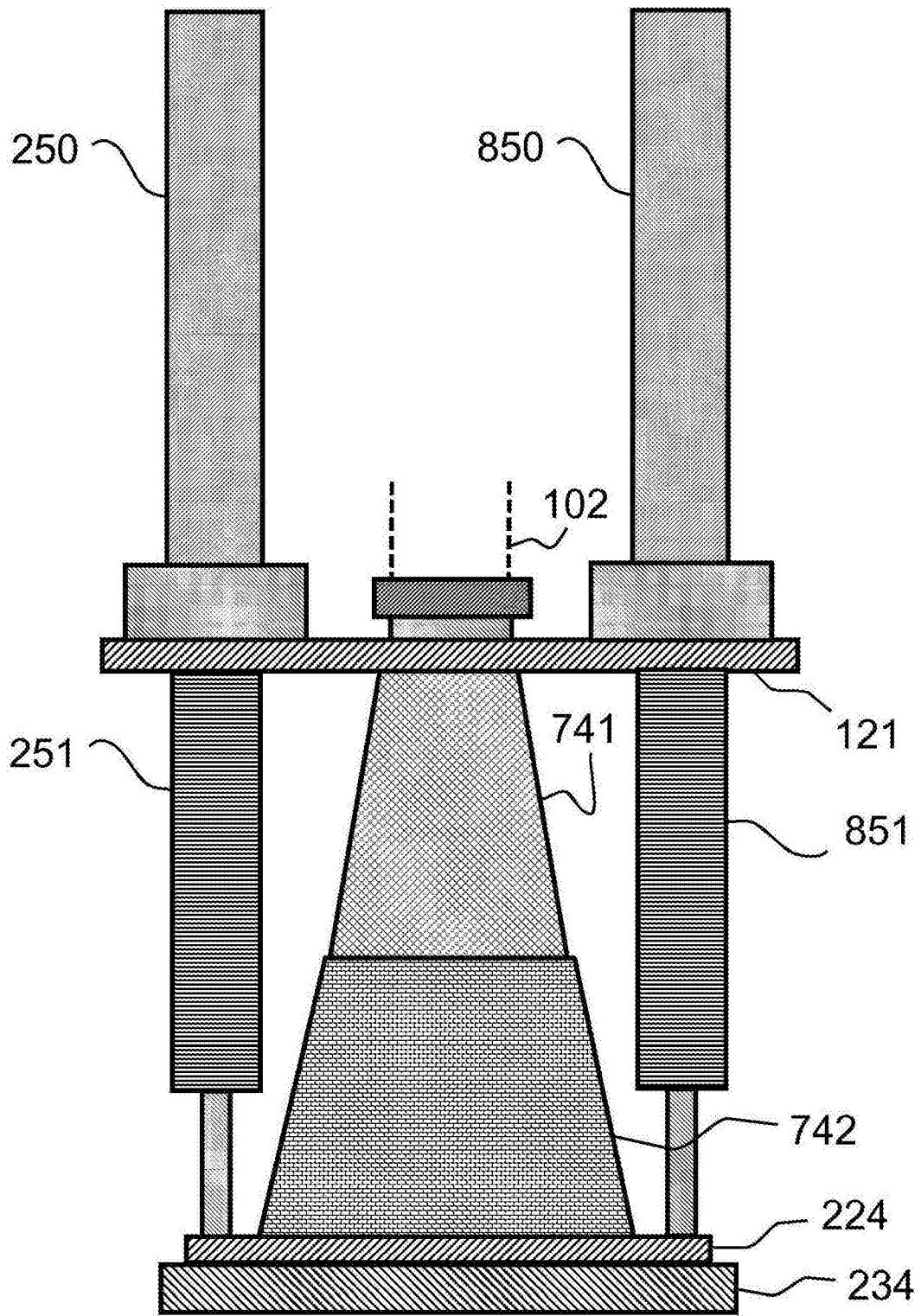


图 8

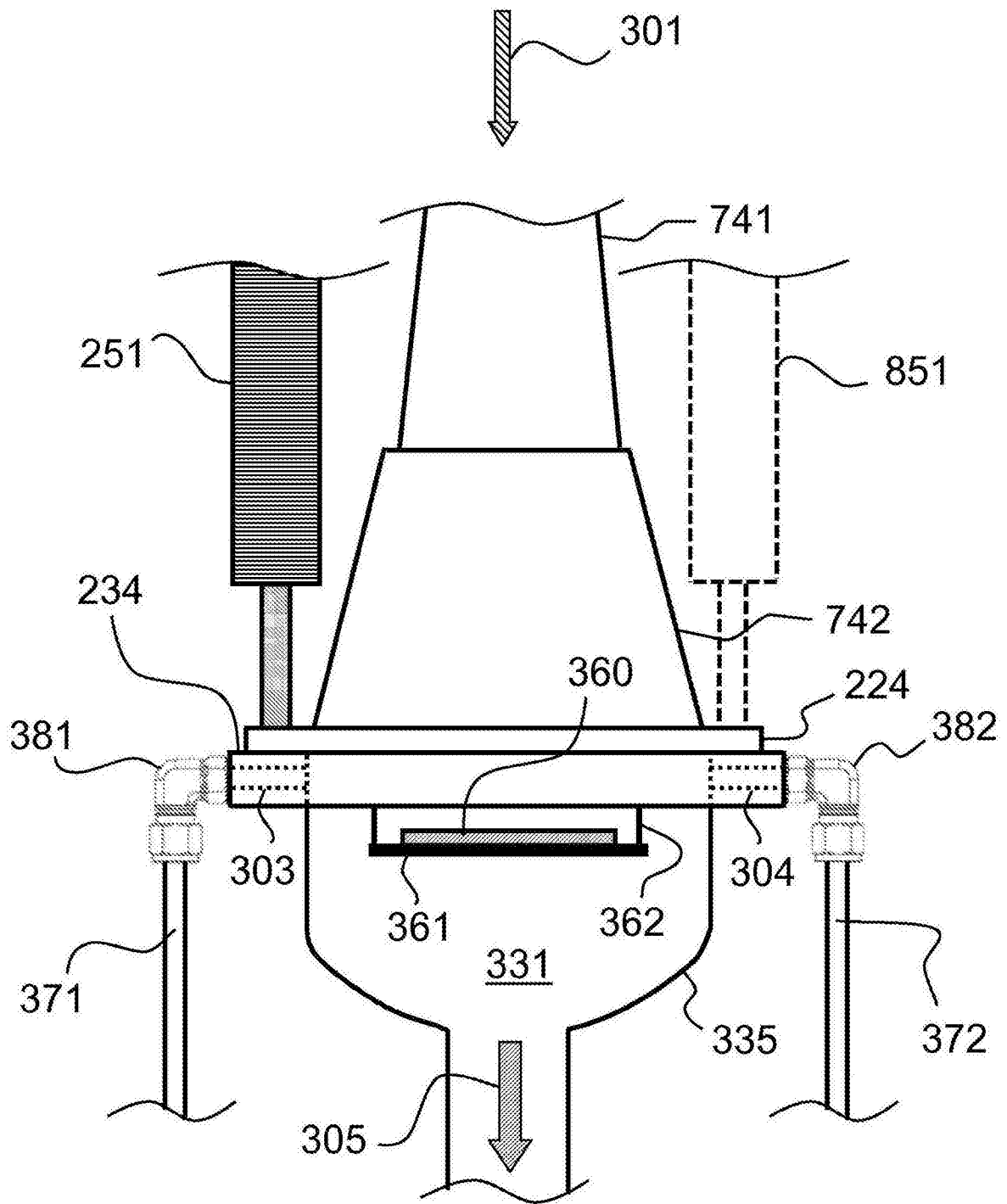


图 9

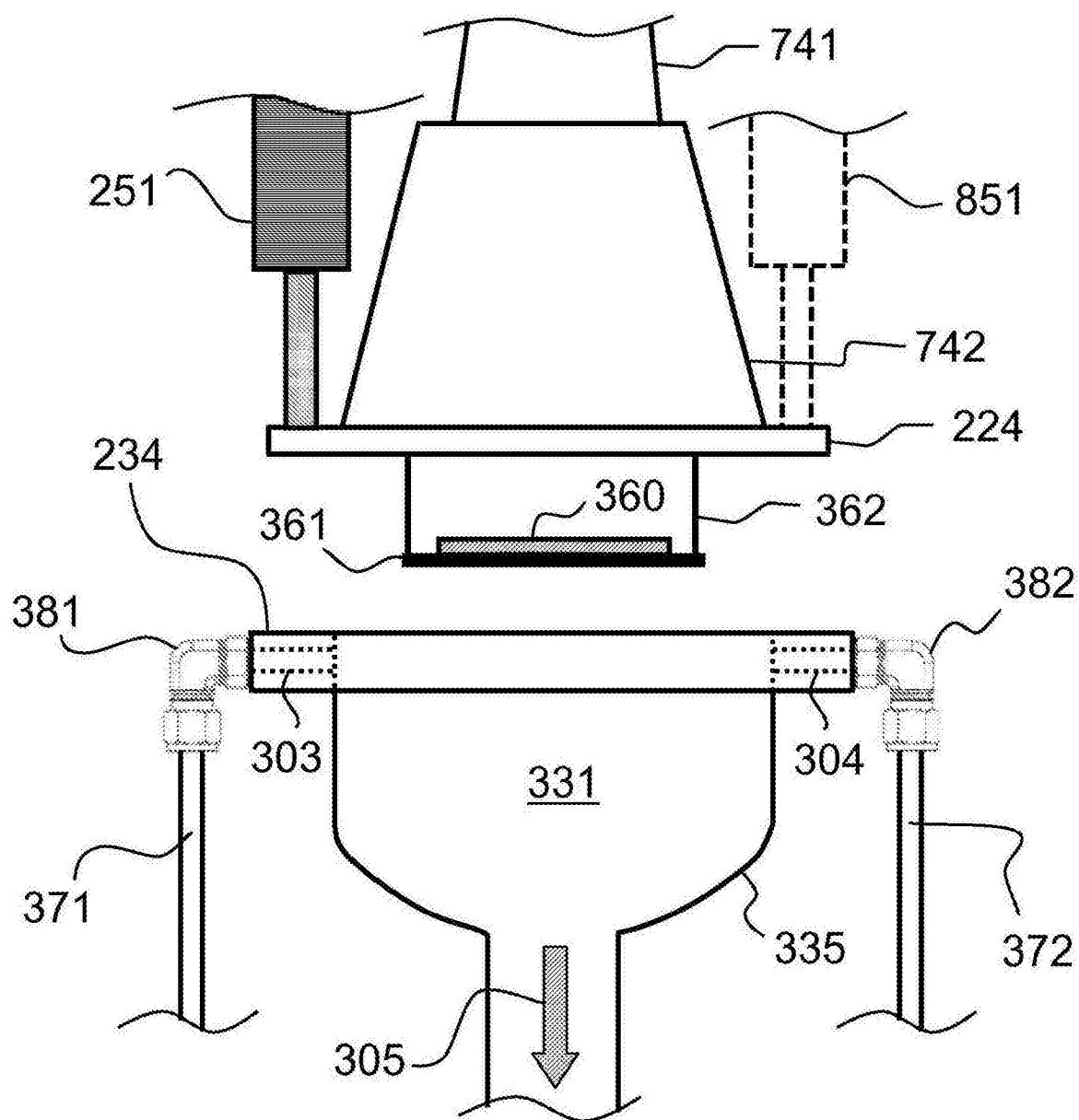


图 10

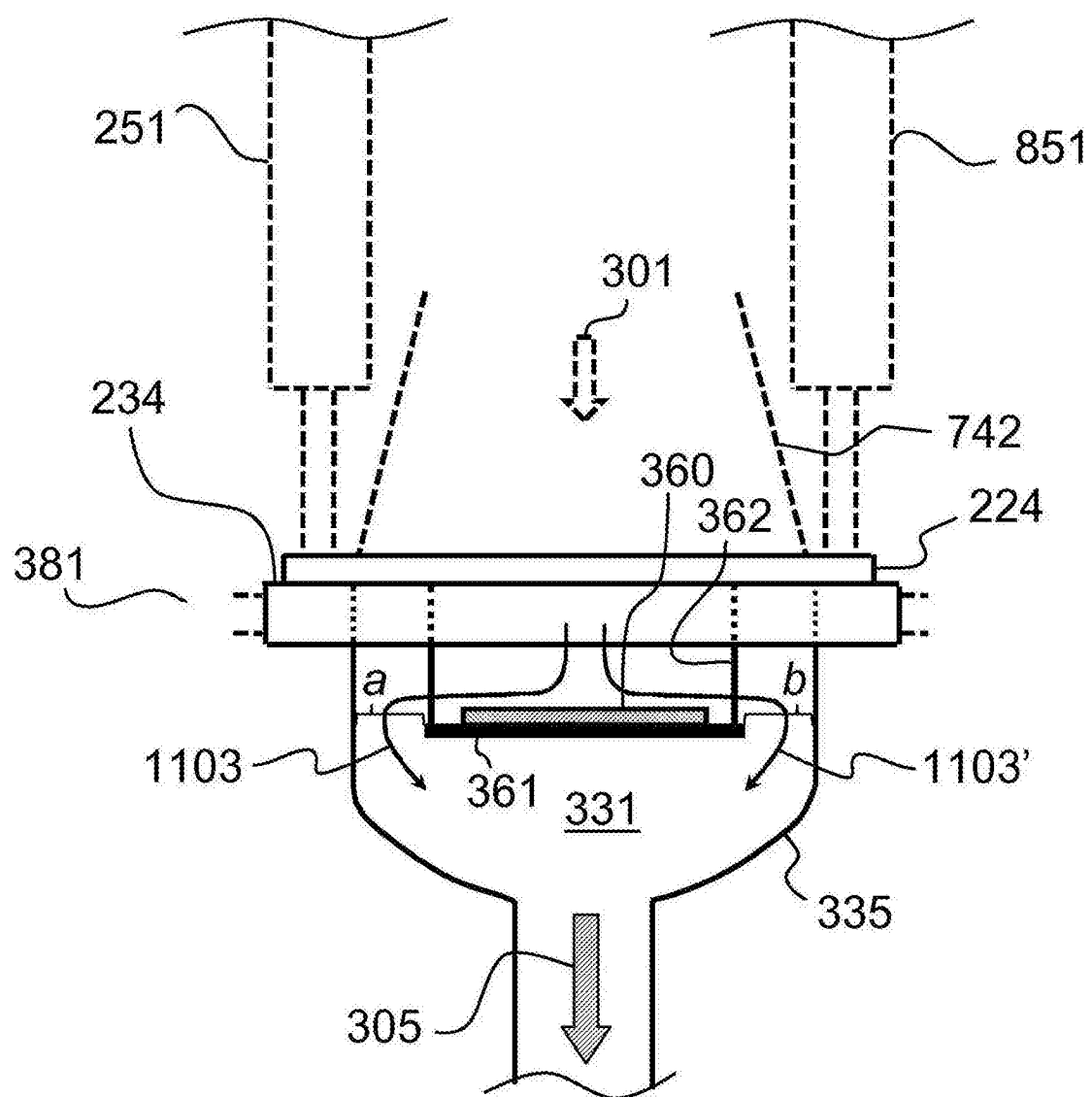


图 11

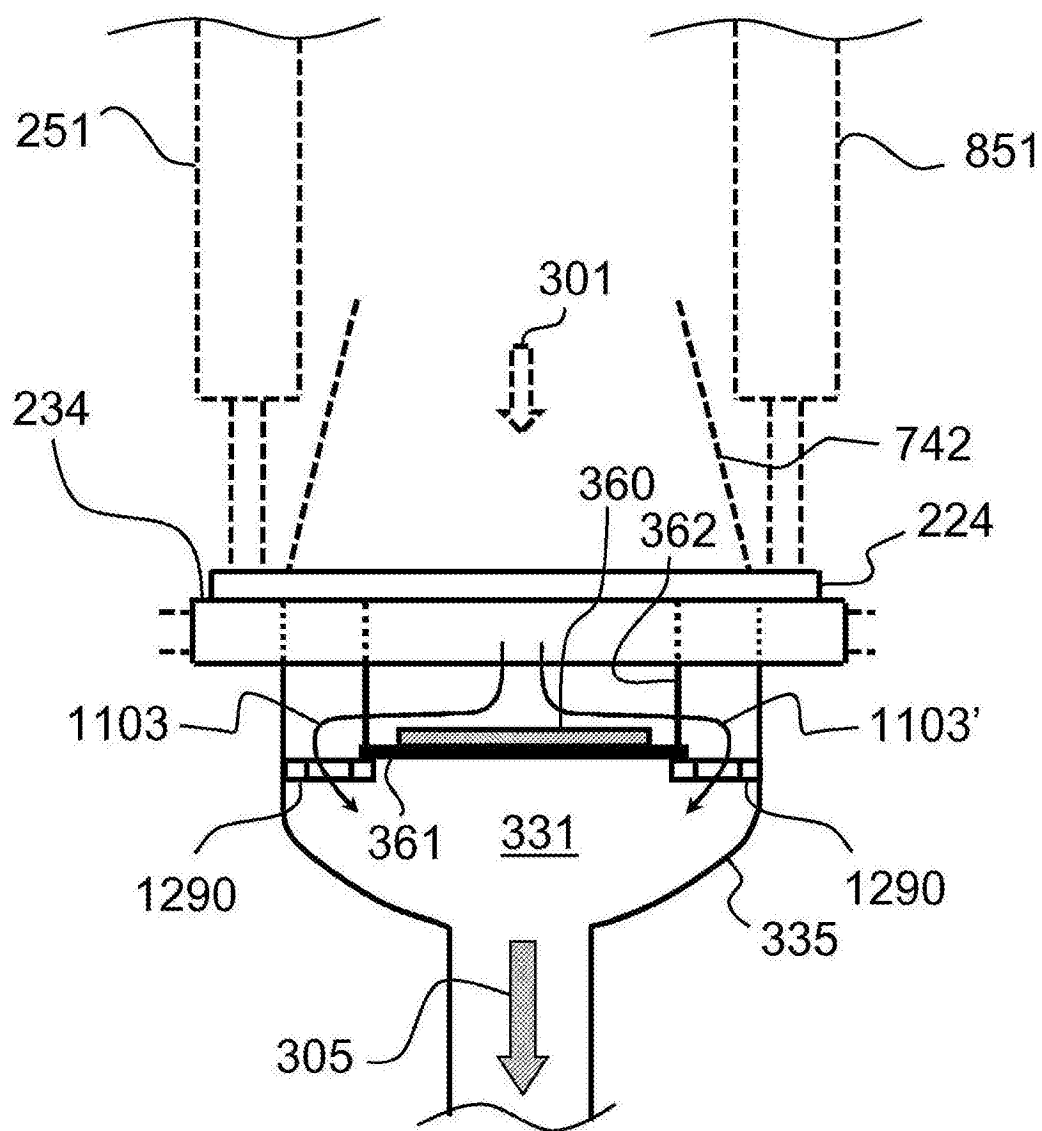


图 12

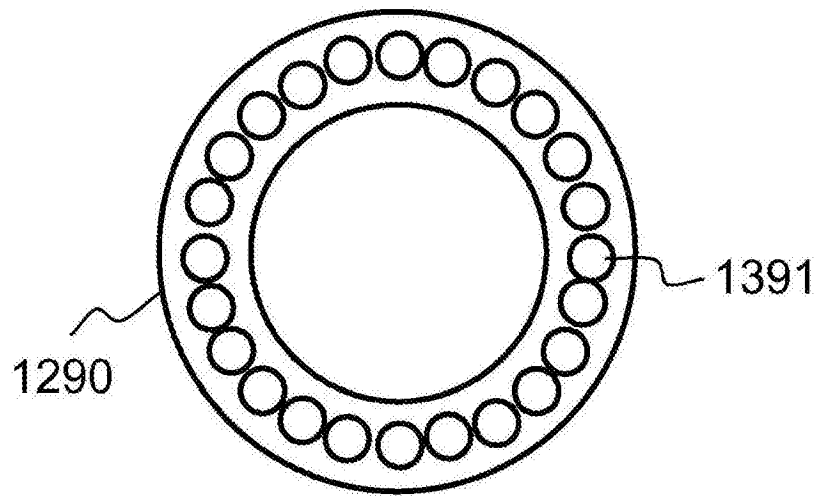


图 13

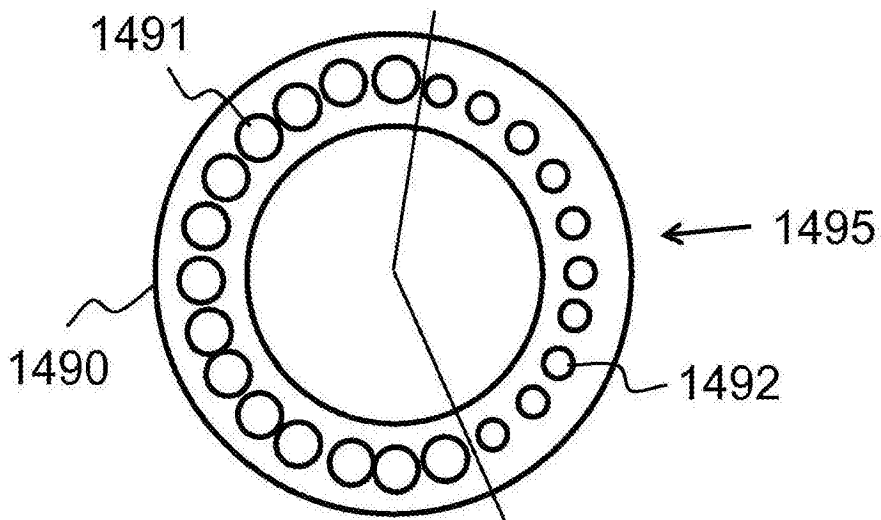


图 14

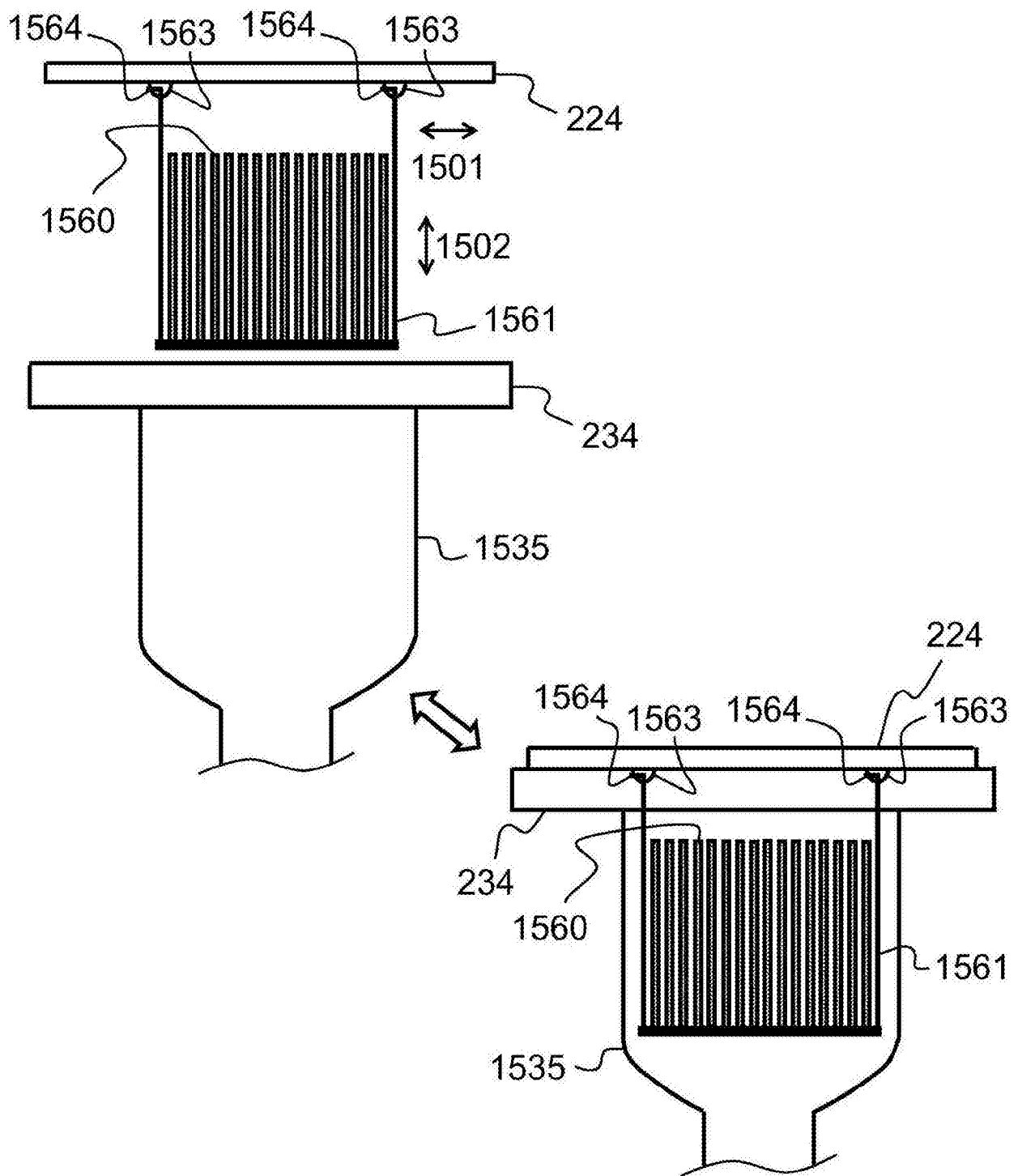


图 15

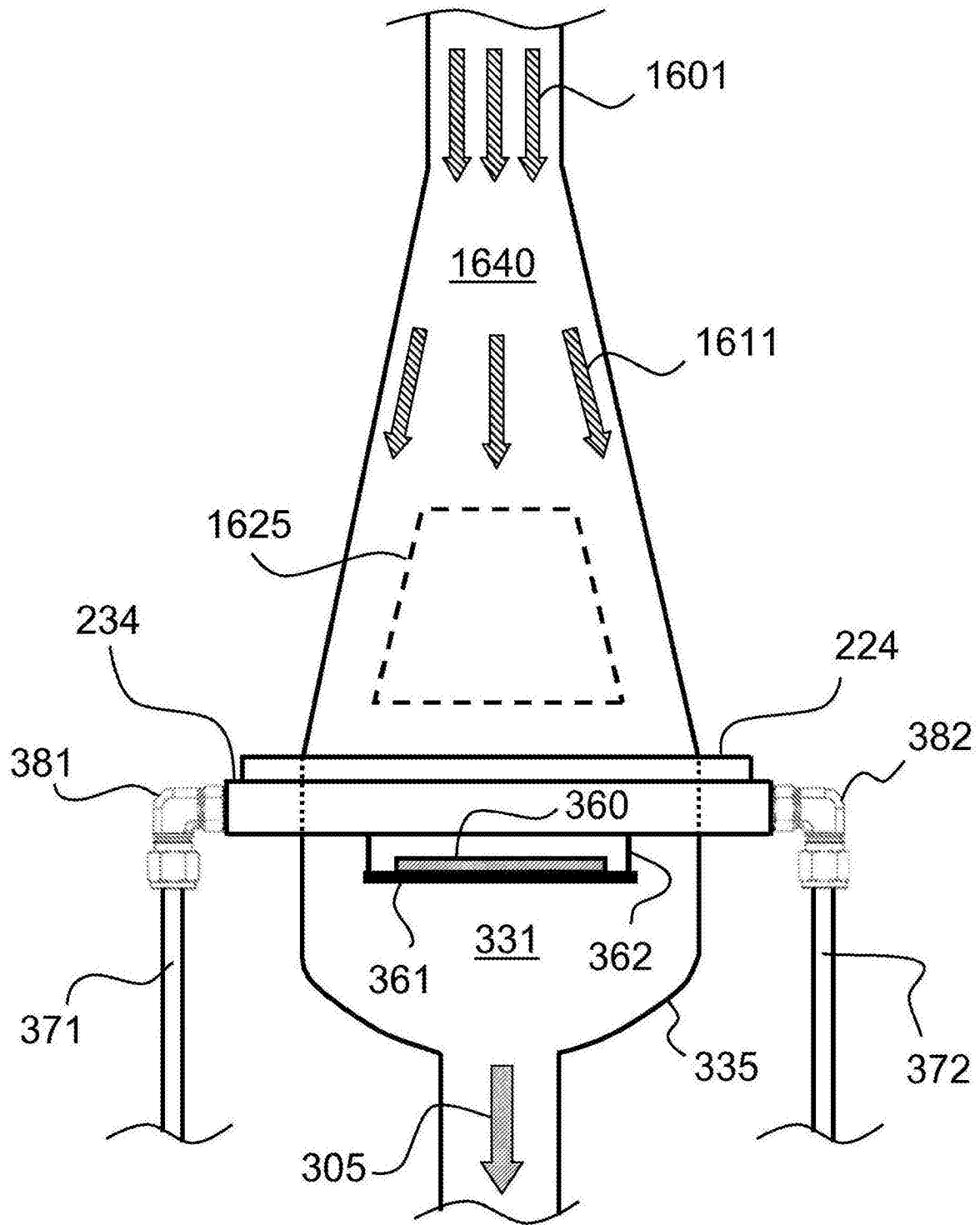


图 16

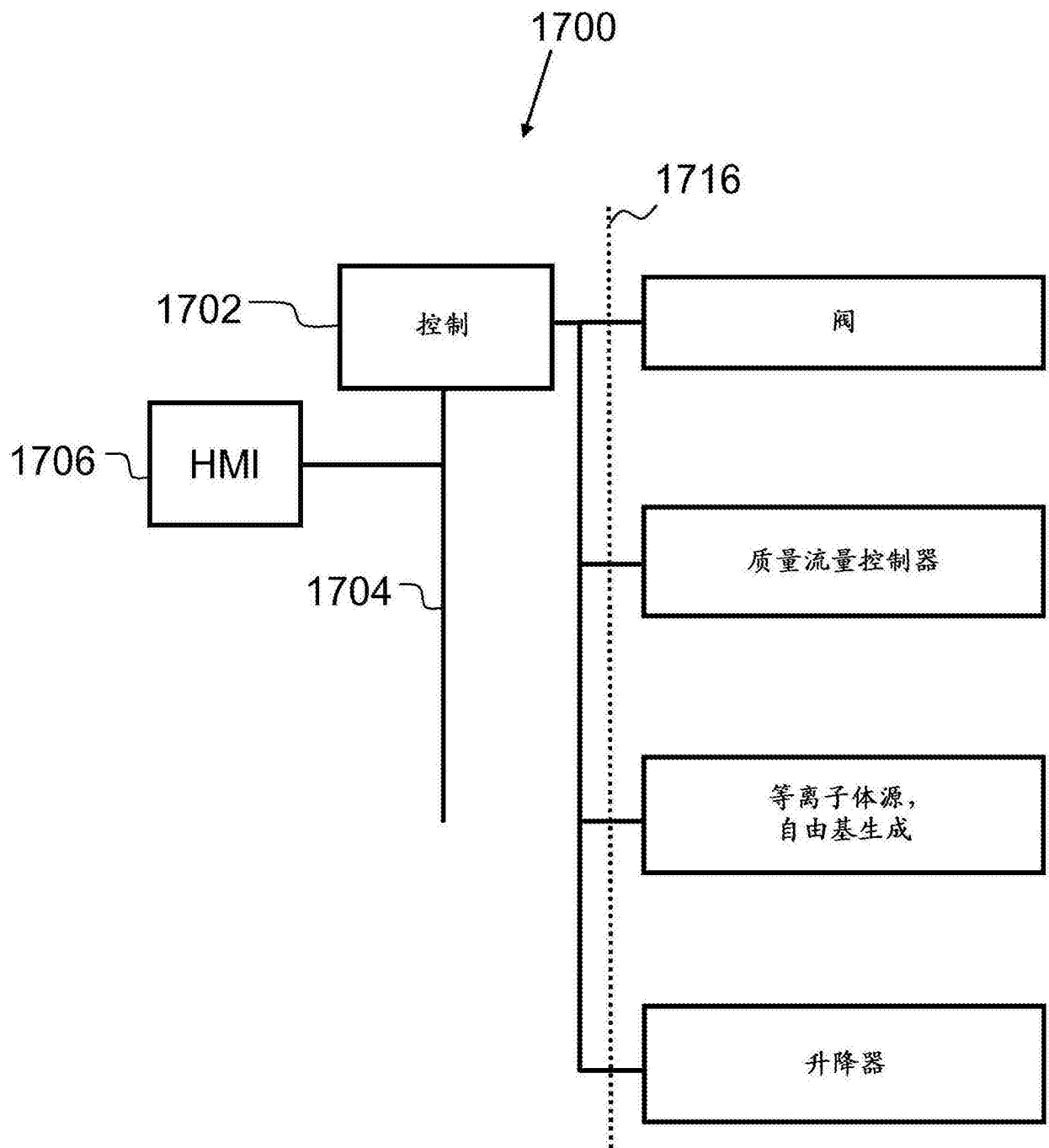


图 17