(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113661560 B
(45)授权公告日 2023.01.17

(21)申请号 202080027205.2
(22)申请日 2020.04.07
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113661560 A
(43)申请公布日 2021.11.16
(30)优先权数据
62/830,896 2019.04.08 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.10.08
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/027081 2020.04.07
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/210240 EN 2020.10.15
(73)专利权人 朗姆研究公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 约翰·斯蒂芬·德雷维瑞
尼尔·马丁·保罗·本杰明
(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263
专利代理师 樊英如 张静
(51)Int.Cl.
H01J 37/32(2006.01)
(56)对比文件
US 2015279634 A1,2015.10.01
US 2017103875 A1,2017.04.13
CN 206329930 U,2017.07.14
CN 1561534 A,2005.01.05
CN 102084727 A,2011.06.01
审查员 李莹

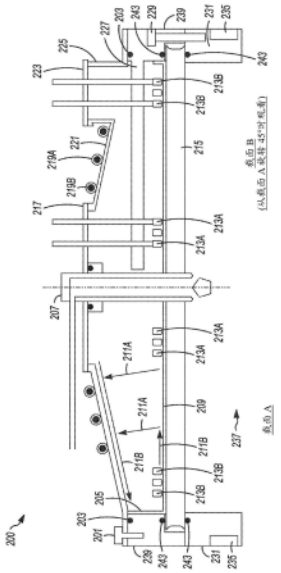
权利要求书3页 说明书11页 附图7页

(54)发明名称

基于等离子体的反应器的冷却

(57)摘要

在一实施方案中,被公开的装置是热管冷却系统,该系统包含具有被截断的上部分的锥形结构。该锥形结构被配置以形成在介电窗上且该锥形结构被配置以冷凝来自位于或形成于在该介电窗和该锥形结构之间所形成的容积中的传热流体的蒸气。至少一个冷却线圈形成在该锥形结构的外部部分上。其他装置和系统被公开。



CN 113661560 B

1.一种热管冷却系统,其包含:

锥形结构,其具有被截断的上部分,所述锥形结构被配置成设置在介电窗上,所述锥形结构被配置成将在所述介电窗和所述锥形结构之间的容积中形成的第一传热流体的蒸气冷凝,其中,所述第一传热流体被配置成从所述介电窗接收充分的热以将所述第一传热流体从液相转变为蒸气相;以及

至少一个冷却线圈,其靠近于所述锥形结构的外部部分形成。

2.根据权利要求1所述的热管冷却系统,其中所述至少一个冷却线圈被配置成运送在其中的第二传热流体。

3.根据权利要求1所述的热管冷却系统,其中,在与所述锥形结构接触后,所述蒸气相将从所述蒸气形成冷凝液。

4.根据权利要求1所述的热管冷却系统,其中靠近所述锥形结构的所述外部部分而形成的所述至少一个冷却线圈与所述锥形结构的所述外部部分直接热接触。

5.根据权利要求1所述的热管冷却系统,其中所述第一传热流体是介电流体,所述介电流体具有可选择沸点且能够在两相状态运作以提供所述介电窗的蒸发冷却,所述两相状态包含液相状态和蒸气相状态。

6.根据权利要求5的热管冷却系统,其中所述可选择沸点在介于所述介电窗和所述锥形结构之间的所述容积中的压力下能选自55℃至270℃的范围。

7.根据权利要求1所述的热管冷却系统,其还包含与所述锥形结构和所述介电窗两者的相对应的外周边呈机械耦合的上窗支撑结构。

8.根据权利要求7所述的热管冷却系统,其中毛细沟槽形成在所述上窗支撑结构的内部的外周边上且被配置成使所述第一传热流体流过所述介电窗的最上表面。

9.根据权利要求1所述的热管冷却系统,其中所述介电窗的最上表面包含多个毛细沟槽,所述第一传热流体将在多个毛细沟槽中流动。

10.根据权利要求1所述的热管冷却系统,其中所述介电窗的最上表面包含芯结构,所述芯结构包含一或多种类型的液体芯吸材料,所述液体芯吸材料包含选自以下材料中的一或多种材料:网状材料、至少部分多孔的烧结陶瓷和至少部分多孔的烧结聚合物。

11.根据权利要求1所述的热管冷却系统,其中所述介电窗的最上表面包含芯结构,所述芯结构包含一或多种类型的液体芯吸材料,所述液体芯吸材料包含选自以下材料中的一或多种材料:网状材料和至少部分多孔的烧结粉末。

12.根据权利要求1所述的热管冷却系统,其还包含被配置成被加热的贮槽,所述贮槽靠近所述介电窗而形成以启动所述第一传热流体的两相热力循环。

13.根据权利要求12所述的热管冷却系统,其还包含堰体结构,如果来自所述第一传热流体的液体在所述介电窗上方超过预定深度,所述堰体结构允许所述液体流入所述贮槽。

14.根据权利要求1所述的热管冷却系统,其中所述第一传热流体以充分薄的层分布在所述介电窗上,以减少在所述第一传热流体中的泡沫形成。

15.一种热管理系统,其用于从基于等离子体的反应器中的至少一些部件移除热,所述系统包含:

锥形结构,所述锥形结构被配置成设置在介电窗上,所述锥形结构被配置成将在所述介电窗和所述锥形结构之间的容积中放置的第一传热流体的蒸气冷凝,所述锥形结构的内

表面具有从所述锥形结构的中央部分朝所述锥形结构的外周边的下坡，其中，所述第一传热流体被配置成从所述介电窗接收充分的热以将所述第一传热流体从液相转变为蒸气相；以及

靠近于所述锥形结构的至少一个冷却线圈，所述至少一个冷却线圈被配置成运送在其中的第二传热流体。

16.根据权利要求15所述的热管理系统，其中所述锥形结构包含被截断的上部分，从而形成截头锥形结构，所述上部分位于所述锥形结构的所述中央部分附近。

17.根据权利要求15所述的热管理系统，其中在与所述锥形结构接触后，所述蒸气相将从所述蒸气形成冷凝液。

18.根据权利要求15所述的热管理系统，其中所述至少一个冷却线圈在所述锥形结构的外部部分上形成，并且与所述锥形结构的所述外部部分直接热接触。

19.根据权利要求15所述的热管理系统，其中所述第二传热流体将通过外部泵在所述至少一个冷却线圈中循环。

20.根据权利要求15所述的热管理系统，其中所述锥形结构由一或多种热传导材料形成，所述热传导材料包含选自以下材料中的至少一种材料：铜、铜合金、锌合金、铝、铝合金和不绣钢。

21.根据权利要求15所述的热管理系统，其中所述锥形结构由一或多种热传导材料形成，所述热传导材料包含选自以下材料中的至少一种材料：碳浸渍介电材料。

22.根据权利要求15所述的热管理系统，其中所述锥形结构由一或多种热传导材料形成，所述热传导材料包含选自以下材料中的至少一种材料：碳浸渍聚合材料。

23.根据权利要求15所述的热管理系统，其中所述介电窗的最上表面包含多个毛细沟槽，所述第一传热流体将在多个毛细沟槽中流动。

24.根据权利要求15所述的热管理系统，其还包含被配置成将被加热的贮槽，所述贮槽靠近所述介电窗，所述贮槽用于启动所述第一传热流体的两相热力循环。

25.根据权利要求24的热管理系统，其还包含堰体结构，如果来自所述第一传热流体的液体在所述介电窗上方超过一预定的深度，所述堰体结构允许所述液体流入所述贮槽。

26.一种热虹吸器，其用于从基于等离子体的反应器中的介电窗移除热，所述热虹吸器包含：

锥形结构，所述锥形结构被配置成设置在所述介电窗上，所述锥形结构被配置成将在所述介电窗和所述锥形结构之间的容积中放置的第一传热流体的蒸气冷凝，所述锥形结构的内表面具有从所述锥形结构的中央部分朝所述锥形结构的外周边的下坡，其中，所述第一传热流体被配置成从所述介电窗接收充分的热以将所述第一传热流体从液相转变为蒸气相；

在所述锥形结构上的至少一个冷却线圈，所述至少一个冷却线圈被配置成运送在其中的第二传热流体；以及

被配置成将被加热的贮槽，所述贮槽靠近所述介电窗并且在其下面形成以启动所述第一传热流体的两相热力循环。

27.根据权利要求26所述的热虹吸器，其还包含堰体结构，如果来自所述第一传热流体的液体在所述介电窗上方超过预定深度，所述堰体结构允许所述液体流入所述贮槽。

28.根据权利要求26所述的热虹吸器,其中所述介电窗的最上表面包含多个毛细沟槽,所述第一传热流体将在多个毛细沟槽中流动。

基于等离子体的反应器的冷却

[0001] 优先权主张

[0002] 本申请要求于2019年4月8日申请的美国专利申请序列No.62/830,896的、名称为“COOLING FOR AN INDUCTIVE PLASMA-BASED REACTOR”的优先权利益,其通过引用整体合并于此。

技术领域

[0003] 在此公开的主题涉及在半导体及相关产业中使用的各种不同类型的设备。更具体而言,本公开的主题涉及基于电感式等离子体的反应器的介电窗的温度控制。

背景技术

[0004] 基于等离子体的处理装置被用于通过包含以下的技术处理衬底:蚀刻、原子层沉积(ALD)、物理气相沉积(PVD)、化学气相沉积(CVD)、离子植入、抗蚀剂移除、以及其他本技术领域中公知的技术。在等离子体处理中使用的一种类型的等离子体处理装置包含感应耦合等离子体(ICP)室、或变压器耦合等离子体(TCP)室。通过电磁感应(以时变磁场)所产生的电流供给能量。以一或多个RF线圈为形式的射频(RF)天线提供能量以将位于该室内的反应气体激励成等离子体状态以处理在该室内的衬底(如硅晶片)。

[0005] 在ICP/TCP室的中,介电(如陶瓷)窗将该室与该射频天线或线圈分隔开。然而,该介电窗材料的脆性本质对RF功率的使用设置了限制,因为当该RF功率增大时,进入该介电窗的热通量增加。该热通量导致该窗内的温度梯度,该温度梯度会在该介电窗中造成内应力。并且,该窗内的热通量的分布可以产生高度不均匀的热分布,从而加剧该热应力问题。

[0006] 随着施加在ICP/TCP室的功率增加,该介电窗的冷却成为重大的顾虑。目前,该介电窗使用强制空气(forced air)进行冷却。然而,强制空气系统的复杂度已逐渐增加。强制空气不昂贵,但被该窗加热过的空气通常无法被排入制造(fab)环境,反而必须运送至通风系统。该强制空气通常包含必须以大体积被提供到该基于等离子体的处理装置的该窗的压缩空气。一个多区温度控制系统使用于将该窗维持在基本上一致的温度。该控制系统因为以下各种不同的原因而难以实现:牵涉庞大的热质量、加热/冷却系统的缓慢响应、以及目前用于压缩空气冷却的“开-关”控制的内在的非线性。未适当控制这些变量中的每一个的结果对该窗的温度产生大的热波动。除了增加在该窗中的应力外,因为该介电窗相对于周围组件的热膨胀及潜在的窗涂层脱层所导致的内室组件的机械摩擦,该大的热波动的一种效果是在该室中的衬底上的颗粒污染的增加。

[0007] 使用于高密度等离子体CVD(HDPCVD)反应器的一种方式是使冷却流体经等离子体激发线圈而流动以及将这些线圈结合至该HDPCVD反应器的该介电圆顶(在该壳体中)。不幸的是,室与室均匀性的需求、开环线圈设计、以及翻新和重新安装该介电窗的需要,将此方式排除于当前的ICP/TCP反应器。

[0008] 对该窗加热问题的另一尝试解方案中,冷却液体通路被嵌入该介电窗中。然而,ICP/TCP制造商在同样依靠冷却液体通路的静电卡盘(ESC)设计所得到的经验已显示如此

的通路的设计是复杂的。使用冷却液体通路代表当该冷却液体经过该窗时被加热，从而导致在该窗中的热的不均匀。进一步，如果足够的液体要加以循环以移除该热，所需通路的长度导致该通路的大深度。如此的通路难以制造并且弱化该介电窗。

[0009] 此章节中所提供的被描述的信息被提供熟悉技艺者对后续公开主题的背景，且不应被视为是公认的现有技术。

附图说明

[0010] 图1显示了基于ICP/TCP等离子体的处理装置的横截面图的一实施方案；

[0011] 图2显示了根据多种实施方案的热管冷却系统的一实施方案的横截面图；

[0012] 图3显示了根据图2的该热管冷却系统的俯视图；

[0013] 图4A至4C显示了在介电窗上的冷却剂分布通道的各种不同的示例性实施方案；

[0014] 图5A显示了根据多种实施方案的冷却剂预热器的一实施方案；

[0015] 图5B显示了根据多种实施方案的，结合在上室中的冷却剂预热器的另一实施方案；

[0016] 图6显示了根据多种实施方案的上窗支撑结构和线圈支撑环的俯视图的一实施方案。

具体实施方式

[0017] 本公开主题现在将通过参考一些普遍及具体的如描绘在各个不同的附图中的实施方案进行详细说明。在后续的描述中，为了提供对本公开主题的详尽理解而描述了若干具体细节。然而，对于本领域技术人员而言，显而易见的是，本公开的主题可以在不具备这些特定细节中的一些或全部的情况下实践。在其他示例中，公知的处理步骤、构造技术、或结构未进行详细描述以免模糊本公开的主题。

[0018] 本公开的主题使用来自热管以及热虹吸器构造两者的概念。所以，术语“热管”和“虹吸器”可能普遍地被理解为同义词且可能因此在此可被互换地使用，除非上下文另有说明。

[0019] 如本领域普通技术人员已知的，热虹吸器和热管结构可以被用于将温度控制在通过该工作流体(如该传热流体)的蒸气压所决定的温度。热传是通过潜热传递来完成。因为对该工作流体的蒸气压(以及因此对蒸发(冷凝)速率)的强依赖性，因此该热虹吸器的内表面可以被认为是几乎等温的。如果传热流体分布在该被加热表面上的薄层中(例如，足够薄以避免明显的气泡形成)，该被加热表面的温度将是高度均匀的。蒸发速率是高的，因为该速率是温度的函数。当该温度增加时，该蒸发速率基本上按比例地增加。

[0020] 本公开主题的热虹吸器的多种实施方案可能适用于冷却或加热本技术领域中公知的各种不同类型的基于ICP/TCP等离子体的反应室的介电窗。如在此所述的，用于该传热流体(工作流体)的冷凝表面包含在该介电窗上的锥形结构。通过循环的传热流体，该锥形结构的表面被维持在或几乎在该介电窗的理想温度。在多种实施方案中，ICP/TCP加热器线圈被嵌入该热虹吸器结构中。该线圈暴露于该工作流体以使该虹吸器结构具有足够的空间。然而，该线圈在某种程度上限制该流体的选择。例如，对热虹吸器结构而言，水是良好的工作流体，因其优异的每单位体积的潜热。在若干示例中，水蒸气可能与在ICP/TCP线圈附

近出现的可能大于10kV的电压不兼容。

[0021] 此外,在特定应用以及实施方案中,由于外漏的(相对小的)可能性,避免可燃烧的或有毒的工作流体的使用可能是期望的。如以下更详细讨论的,适合使用在热虹吸器内所遇到的约120℃温度范围中的工作流体是各种不同的全氟或氟碳化合物型传热流体,其普遍被使用于冷却。这些传热流体可以被调配为具有各种不同的沸点(例如,像是约110℃的沸点)。不幸的是,其每单位体积的潜热小于当量体积的水的潜热的约10%。例如,计算显示为了从该窗表面移除约5kW,需要约2.5升/分钟的体积流量。因为在该公开的该热虹吸组件的各种实施方案在物理尺寸普遍较大,如果对往该介电窗回流的冷凝液进行控制的结构的设计给予充足的考虑,则使用非水基传热流体会是可行的。

[0022] 在此提供的本公开主题的各种实施方案使用封闭式循环的热虹吸器以从该介电窗移除热。在此描述的各种实施方案中,该热虹吸器可能也被认为是热管的一种类型(如上所述,该两术语可以被理解为同义词且从而可以在此互换地被使用)。热虹吸器通过蒸发从被加热的表面移除能量。被蒸发的液体在分离的位置处冷凝且再循环至该被冷却表面。如果被冷却表面(the heated surface)是充分大的且位于该被加热表面上,在特定实施方案中,该系统可以是完全无源的(passive)。在其他实施方案中,该系统可以通过流体泵以及在该热虹吸器环境外部的热交换器(例如,形成在该冷凝结构的外表面上的成螺旋线圈)协助。通过控制该被冷却表面的温度以实现温度控制。因为蒸发速率对温度的高度非线性依赖性,该被加热表面有着较高热输入的区域被更剧烈地冷却;因此,相比于其他方式所得到的温度,该系统可导致在大型表面上获得更均匀的温度。进一步,如在此多种实施方案中所述,本公开的主题使用嵌入热虹吸组件中的ICP/TCP线圈,且RF功率穿过该组件的壁耦合。

[0023] 现在参考图1,显示了一种电感式耦合等离子体/变压耦合等离子体(ICP/TCP)处理装置100的横截面图的一实施方案。本领域技术人员应理解,该ICP/TCP处理装置100可被用于(根据ALD、CVD、PECVD、及其他本领域技术人员已知的技术)在衬底上沉积材料以及对衬底上的各种不同材料进行等离子体蚀刻。一般而言,处理气体在低压(如低于100 mTorr)被供应至真空室中,且射频(RF)能量供应至该气体。ICP/TCP等离子体处理室的示例包含各种不同的沉积和蚀刻系统。例如,合适的等离子体处理室包含Altus®系列的沉积系统和Kiyo®系列的蚀刻系统,两者都由Lam Research Corporation(4650Cushing Parkway,Fremont,California,USA)制造。

[0024] 该ICP/TCP处理装置100被显示为包含反应室105、介电窗101、气体分布装置103、RF源113、RF阻抗匹配电路111以及供应RF功率至位于反应室105中的气体的RF线圈115。处理气体从气体供给源119(或多个处理气体供给源)经由气体分布装置103导入反应室105。气体分布装置103可以包含气体喷头、气体注入器、或本技术领域中已知的其他合适的装置。来自RF线圈115的RF能量经由介电窗101与该处理气体电感耦合。

[0025] 介电窗101由于在该窗上基本上均匀的温度分布而较不可能破裂。本公开的主题提供一种热管(热虹吸器),因为在此提供的细节,该热管的内部部分处于相当均匀的温度。如在此所定义的,热管基于自然对流提供在热管内的被动热交换。因此,在该介电窗提供足够的热以在该热管内产生自然对流之后,在该热管内没有机械装置被用于促使强制对流。然而,根据不同的实施方案,该液体在未沸腾的情况下直接继续转变为气相。介电窗101的

最上表面的平坦平面提供基本上平坦的平面，蒸发可以发生于该平面上。因此，该热管可以被认为是回路式热管。在各种实施方案中，本公开的主题的热管可以被认为是密封单元，而传热流体被容纳于该密封的热管内。

[0026] 该ICP/TCP处理装置100进一步显示了在反应室105的内部包含用于支撑衬底109(如，硅晶片)的衬底支撑件107(如，静电卡盘(ESC))。一旦一或多种处理气体从气体供给源119经由气体分布装置103被导入反应室105的内部，通过RF线圈115感应地供给能量至反应室105的内部，该处理气体被激发为高浓度等离子体117。在多种实施方案中，RF线圈115包含由RF源113以及RF阻抗匹配电路111供电的外部的平面天线以感应耦合RF能量至反应室105中。通过对该RF线圈(如平面天线)施加RF功率所产生的电磁场激发该一或多种处理气体以形成该高密度等离子体117。在一示例性实施方案中，该高密度等离子体117可以包含基本上在该衬底109上方形成的约10^{10}至约10^{12}离子/cm^3。

[0027] 继续参考图1，介电窗101形成反应室105的顶壁或最上壁。多种不同类型的窗材料可以使用于介电窗101，其包含陶瓷、石英、或玻璃材料。例如，适合用于介电窗101的各种不同的材料可能包含氧化铝(Al_2O_3)、氧化锆(ZrO_2)、二氧化硅(SiO_2)、以及其他本技术领域中已知的材料。介电窗101维持反应室105的内部与外部环境(如，fab)的隔离，且允许由RF线圈115产生的磁场通过。RF线圈115可以配置成非常靠近(或碰触)介电窗101，以增加或最大化在反应室105内所产生的磁场的强度。所选择的介电窗101的厚度是足够薄的以将来自RF线圈115的RF功率传导至反应室105的内部，从而使得能形成高密度等离子体117。反之，介电窗101加以选择为足够厚的以承受反应室105内所产生的真空及外部环境之间所产生的压力差。基于为形成介电窗101所选择的材料以及介电窗101所跨越的物理距离，本领域技术人员应理解如何决定介电窗101适合的厚度。

[0028] 图2显示了根据各种实施方案的热管冷却系统200的一实施方案的横截面图。如图2所示，该图的左半部显示了对于如图3所示的截面A的横截面。该图的右半部显示了关于也如图3所示的截面B的横截面。该热管冷却系统200显示为包含被截取的锥形结构221(因此该锥形结构形成一种类型的截头锥形结构，该结构总体上具有锥体的截锥体的形状—锥体的基底(较低)部分由以大致平行于基部的平面切掉顶部所形成，如本技术领域中所能理解的)。锥形结构221包含顶部绝缘板217以及靠近或接触(如，接近于)该锥形结构221的最上部分的至少一个冷却线圈219A。该至少一个冷却线圈219A包含传热流体219B，该传热流体219B可以在该冷却线圈219A中通过外部泵进行循环且输送通过热交换器以冷却该传热流体219B(无论该外部泵或该热交换器机构都未显示，但在阅读及理解本公开的主题后，对本领域技术人员而言，本申请案中该两装置的使用是能理解的)。通常，该冷却线圈219A以及该传热流体219B可以维持在或接近于介电窗215的理想操作温度。

[0029] 在特定实施方案中，内侧的激发RF天线213A以及外围的激发RF天线213B中的一或两者可能也被包含及放置在介电窗215附近。该内侧的激发RF天线213A可以经由该顶部绝缘板217放入。该外围的激发RF天线213B可以经由在锥形结构221的一部分中所形成的端口225插入。该端口225以端口绝缘板223覆盖。

[0030] 锥形结构221可能由各种不同的材料加工或以其他方式形成。在特定的示例性实施方案中，锥形结构221可以由各种不同类型的金属的或其他导热材料形成。这些材料包含，例如，铜以及铜合金(包含锌合金(如黄铜)、铝及各种不同类型的铝合金、或各种不同等

级的不锈钢(如型号304或316L))。在锥形结构221可能与腐蚀性气体或其他液体接触的特定示例性实施方案中,锥形结构221可以由各种不同类型的高性能合金形成。该高性能合金包含以下示例:Inconel®(可以从不同来源取得,其包括Haynes Stellite Company(Kokomo,Indiana,USA)和Union Carbide Corporation(New York,New York,USA))。在其他示例性的实施方案中,锥形结构221可以由各种不同类型的介电或聚合材料形成。这些材料包含可加工的和/或可塑形的聚合物以及高性能塑料(如Delrin®或Kepital®,这两者都是本技术领域中已知的)。然而,为了保持相对高程度的热导率,该各种介电或聚合材料可用例如碳浸渍。

[0031] 该顶部绝缘板217和该端口绝缘板223可能至少部分地由各种不同类型的本技术领域中已知的热绝缘材料形成以将热保持在该热管冷却系统200中。该热绝缘材料可以包含与用于形成(与本技术领域中已知的热绝缘材料耦合的)锥形结构221的材料相似或相同的材料。绝缘板217、223各自扣紧或其他方式粘附(如,以化学粘附剂、焊接、或其他本技术领域中已知的技术)在锥形结构221和端口225的最上部分。在特定应用的特定实施方案中,绝缘板217、223可能完全由非热绝缘材料形成。

[0032] 在继续参考图2的情况下,现在参考图6,该内侧的激发RF天线213A以及外围的激发RF天线213B两者都可能以线圈支撑环227所支撑。该线圈支撑环227可以由各种不同的本技术领域中已知的材料(如陶瓷或金属)加工或以其他方式形成。处理气体注入器207可以引入一或多种处理气体至反应室(如图1的反应室105)的内部部分237。每一该内侧的激发RF天线213A及该外围的激发RF天线213B、介电窗215、以及处理气体注入器207可以分别与图1的RF线圈115、介电窗101和气体分布装置103相同或相似。虽然未明确地显示,处理气体注入器207在顶部绝缘板217和介电窗215两者处被密封(以防止真空释放或泄漏至外部的大气环境)。

[0033] 锥形结构221通过多个扣件201(如,机器螺钉、螺栓、或其他本技术领域中已知的扣件)扣紧在上窗支撑结构239上,为清楚起见,仅显示其中的一者。该多个扣件中的每一件经由在螺栓圆301(见图3)中的多个对应的通孔插入。密封剂材料203防止在该反应室的内部部分237中所产生的真空在上窗支撑结构239以及锥形结构221之间泄漏。该密封剂材料203可能包含本技术领域中已知的各种不同类型的金属密封件、或O型环密封件(如由Kalrez®或其他类型的全氟化弹性体或含氟弹性体材料所制造)可以被用于防止气体从上窗支撑结构239以及锥形结构221之间泄漏。在具体的示例性实施方案中,该密封剂材料203的完整性可能以最大值约10^{-9}托升/秒的氦气泄漏率测试。

[0034] 上窗支撑结构239通过多个扣件229(如,机器螺钉、螺栓、或其他本技术领域中已知的扣件)扣紧在下窗支撑结构231上,为清楚起见,仅显示其中的一者。密封剂243防止在该反应室的内部部分237中所产生的真空在上窗支撑结构239和介电窗215之间、或在介电窗215和下窗支撑结构231之间泄漏。该密封剂材料243可以相同或相似于上述的该密封剂材料203(如,金属密封件或O型环)。在此所公开的多种实施方案中,在该热管冷却系统200中的压力范围是可观的。取决于该应用,必须在约20托至1500托的绝对压强下很少或没有泄漏。因此,本领域技术人员应理解该密封剂材料203、243的要求。

[0035] 下窗支撑结构231也包含一或多个通路235以提供如在此所述的热(加热或冷却)

控制。通路235通过加工或其他本技术领域中已知的技术在下窗支撑结构231内形成。多种不同类型的传热流体(下文将详细描述)可以被用于及放置于该一或多个通路235内。通路235可以在靠近下窗支撑件231的外周边或在下窗支撑结构231内任何被选定处形成。另外,通路235可能在下窗支撑结构231内连续地形成(例如,一环型通路)或在下窗支撑结构231中形成多个分段部分。因此,在多种实施方案中,下窗支撑结构231可以由具有高热导率的材料形成,使得包含在通路235中的该传热流体可以经历从下窗支撑结构231至介电窗215的传导冷却,以及经历自下窗支撑结构231至该通路中的传热流体的对流冷却。在多种实施方案中,该通路中的流体可以通过(例如)外部泵循环以提供额外的对流冷却。

[0036] 在该热管冷却系统200的运行期间,位于介电窗215和锥形结构221之间所形成的空间中的传热流体从介电窗215的最上表面被蒸发。该传热流体接着从该最上表面蒸发为蒸气211A且接着在对面的冷却表面(锥形结构221的底面)冷凝,从而形成传热流体冷凝液211B。在一具体的示例性实施方案中,传热流体如Galden® HT110(可以从Solvay Solexis,Inc.(Thorofare,New Jersey,USA)获得)可以用于热管冷却系统200中。Galden®是具有着介于约55℃至约270℃的可选择沸点范围的介电流体(在标准温度和气压下)。在Galden®中的全氟聚醚(PFPE)的介电性质以及它们的化学稳定度结合在非常低以及高温中运行的能力,使Galden®成为在半导体及相关产业中出现的条件下合适的传热流体。在另一具体示例性实施方案中,另一全氟碳化合物型传热流体可能被用于取代或附加于Galden®。一种这样的氟碳化合物类传热流体是Fluorinert®(可从3M Company(Maplewood,Minnesota,USA)获得)。可以选择Fluorinert®的各种不同的配方以具有范围介于约56℃至约215℃的沸点。在阅读和理解本公开的主题后,本领域技术人员应理解一些其他能够在两相状态(如液相与气相)运作以提供在此所述的蒸发冷却的传热流体也可被使用。

[0037] 上窗支撑结构239的内侧壁可以包含在其中被加工的、被蚀刻的(如被化学蚀刻或被激光蚀刻)、或以其他方法形成的一些毛细沟槽205。毛细沟槽205提供路径以运送形成在锥形结构221的内部部分上的传热流体冷凝液211B,该传热流体冷凝液211B来自通过介电窗215的热所产生的蒸气211A。介电窗215的最上表面还包含多个毛细沟槽209,且可能还选择性包含芯结构,该芯结构包含一或多种类型的液体芯吸材料,如网状材料、多孔(或部分多孔)烧结粉末、烧结陶瓷、烧结聚合物、或本技术领域中已知的另一毛细结构(该毛细管及该芯吸材料在图2无法简单地看到,但下文通过参考图4A至4C以详细描述)。

[0038] 毛细沟槽209的形成可以与在上窗支撑结构239的内侧壁的上所形成的该毛细沟槽205相同或相似。然而,在上窗支撑结构239的内侧壁上的毛细沟槽形成为基本上竖直导向的以增加回到介电窗215的最上部分的传热流体的质量传输。毛细沟槽209继续横跨介电窗215的最上部分将传热流体冷凝液211B运送返回。一旦传热流体冷凝液211B从介电窗215接收足够的热以使该冷凝液再次转变为该蒸气211A相,则整个热力冷却循环再次开始。

[0039] 该芯结构因此使传热流体冷凝液211B排放且被横跨介电窗215的上表面分布。对于来自介电窗215的热负载无法维持介电窗215的温度的情况,提供被加热的贮槽(参考图5A及5B,在下文显示和描述)以使该蒸气211A和传热流体冷凝液211B能够开始上述用于冷

却介电窗215的两相热力循环。

[0040] 所以，该热管冷却系统200因此是结合了热传导性和相变两者的原理的传热装置以从介电窗215运送热至包含两实心接口的锥形结构221。锥形结构221接着进一步被冷却线圈219A及其中包含的传热流体219B冷却。在该热管的热界面(介电窗215)，该传热流体冷凝液211B与热传导固体表面接触，通过吸收来自介电窗215的最上表面的热而转变为蒸气211A。蒸气211A接着移动到该热管的冷接口部分(该锥形结构211)且冷凝回到液体，从而释放从与介电窗215的接触而得到的潜热。该液体接着经由(例如)毛细作用(毛细沟槽205)及重力的组合回到该热接口(该介电窗215)，并且热力学循环重复。在多种实施方案中，并且至少部分地取决于所选传热流体的物理特性以及热管冷却系统200的总体物理尺寸，大于1升/分钟(lpm)的流体可以被蒸发，然后冷凝以重新开始循环。

[0041] 图3显示了根据图2的热管冷却系统200的俯视图300。俯视图300因此以通过提供在该热管冷却系统200中的示例的部件配置的额外细节补充图2。阅读和理解本公开的主题后，本领域技术人员应理解额外的或各种不同的部件配置可以实现且仍在本公开主题的范围内。

[0042] 图4A到4C显示了冷却剂分布通道的各种不同的示例性实施方案。在图4A到4C中的每一图中，由沟槽、网状材料、多孔烧结粉末、或另一毛细结构所组成的芯结构形成在介电窗215的最上表面403上。在多种实施方案中，为了冷凝液的加强分布，沟槽和多孔烧结结构的组合可以结合使用。例如，沟槽401的第一图案400、沟槽411的第二图案410、以及沟槽431的第三图案430，分别显示于图4A、4B和4C。通过同时参考图4A到4C以及图2，这些图案中的每一者被配置成使得来自上窗支撑结构239的内部的外周边上的毛细沟槽205的传热冷凝液211B(见图2)在介电窗215的最上表面403上流动，从而从介电窗215传递热至传热流体。一旦足够的热被传递至该传热流体，该流体接着从介电窗215的最上表面403蒸发且将热力学状态从液体转变为蒸气211A。

[0043] 在阅读和理解本公开的主题后，本领域技术人员将认识到如何基于流动通过沟槽401、411、431的冷凝液体积、被传递至流体(冷凝液)的热量、该液体的热容量、介电窗215的厚度、以及本技术领域中已知的其他因素而决定实际尺寸(如沟槽401、411、431的深度及宽度应该为多少)。同时，本领域技术人员将认识到沟槽401、411、431可以以一些其他图案形成。

[0044] 现在参考图5A，示出了根据本公开主题的多种实施方案的冷却剂预热器500的一实施方案。上窗支撑结构239和锥形结构221显示为包含延伸超过介电窗215的贮藏器/加热器部分503A。贮槽容纳部分505A形成在上窗支撑结构239的底面下，且在介电窗215的直径外(还参见图6)。如果该液体在介电窗215上超过预定深度，则堰体结构501使得液体能流入该贮槽容纳部分505A。当介电窗215由于在反应室105(见图1)的内部部分237中的等离子体反应而被加热时，上述的冷却剂蒸气循环开始作用。然而，当介电窗215相对冷时(例如，在等离子体启动后，诸如在系统维护之后或工具启动之后)，如此介电窗215无法提供足够的热以使该传热流体成为上述的气相，此时可以使用分离的加热器。因而，介电窗215会是冷的且锥形结构221(该冷凝结构)可以处于较介电窗215高的温度。在这种情形中，热将无法有效地流动至介电窗215或从介电窗215流出。在此情形中，本公开的主题可以包含如以下详述的允许外部提供热的特征。

[0045] 继续参考图5A，在该贮槽容纳部分505A中的传热流体507会被加热。举例而言，当介电窗215是冷的时，电热器元件509可以被用于对该传热流体507提供初始程度的热。该传热流体507可以相同或相似于如上所述在通路235中运载的传热流体。

[0046] 该堰体结构501使得在介电窗215上冷凝的液体能溢流至贮槽容纳部分505A。在热虹吸器系统中的液体量是被控制的，如此当该热管冷却系统200(见图2)处于其初始温度时，在基本上所有传热流体(工作流体)处于液相的情形下，贮槽容纳部分505A将至少部分地被填充。该贮槽容纳部分505A可以，如上所述，接着以(例如)电热器元件509加热。

[0047] 图5B，根据本公开主题的多种实施方案，显示了被纳入上室的冷却剂预热器510的另一实施方案。如上述图5A，上窗支撑结构239和锥形结构221被显示为包含延伸超过介电窗215的(还参见图6)—贮藏器/加热器部分503B。贮槽容纳部分505B形成在上窗支撑结构239的底面下，且在介电窗215的直径外。相似于以上参考图5A所提供的描述，如果该液体在介电窗215上超过预定深度，则堰体结构501使得液体能流入贮槽容纳部分505B。在该示例的传热流体515可以以围绕着通路513的温度控制区511被加热。

[0048] 温度控制区511可以与外部温度控制器(未显示)耦合。供给至该外部温度控制器的热可以至少部分地通过本技术领域中已知的一些加热方案加热，该已知的加热方案例如再利用来自制造工厂中的设备的各种不同部分排出的热及被排入设备冷却部的热。在阅读及理解本公开主题后，本领域技术人员将认识提供热至该温度控制区511的一些其他方案。

[0049] 通路513可以以在此所述的任何传热流体或其他本技术领域中已知的其他传热流体填充，或至少部分填充。该传热流体515可以相同或相似于在通路513中所包含的传热流体。通路513和传热流体515两者可以接着通过温度控制区511加热以提供足够的热至热管冷却系统200(见图2)以开始在此所述的两相热力循环。

[0050] 关于图5A和图5B两者，在替代的或额外的实施方案中，在介电窗215已被加热(例如，因为等离子体处理反应发生)之后，用于从热管冷却系统200的上部分移除热的传热流体可以用于加热贮槽容纳部分505A、505B、或者可以使用图5A和图5B两方法的结合。当贮槽容纳部分505A、505B被加热，蒸气将在介电窗215的表面冷凝，因此再次开始在堰体结构501上的液体流动且回到该贮槽容纳部分505A和505B。如果热输入是充分的，则该液体循环将导致该热管冷却系统200(见图2)达到恒温状态，其温度约等于锥形结构221的温度。

[0051] 图5A和5B仅描述两种方法，允许将介电窗215使用的传热流体的温度升温至充分的热度以开始在此所述的该热力过程。然而，在阅读及理解本公开的主题后，本领域技术人员将认识到将介电窗215从冷却状态加热以开始在此所述的两相过程的其他方法。加热与介电窗215一起使用的传热流体的其他方法因此被认为是在本公开主题的范围内。

[0052] 图6显示了根据多种实施方案中的上窗支撑结构239以及该线圈支撑环227的俯视图600的一实施方案。图6已关联于图2、图5A、以及图5B在上文被详尽描述。图6的该俯视图600因此对这些图提供额外的细节以及对本领域技术人员提供额外的信息。

[0053] 总体而言，在此包含的本公开的主题描述或通常关联于可与在半导体制造环境(fab)中的冷却工具的部分一起运行且可用于该冷却工具的部分的该热管冷却系统。这些工具可包含各种不同类型的沉积(包含基于等离子体的工具，例如原子层沉积(ALD)、化学气相沉积(CVD)、等离子体增强CVD(PECVD)、等等)以及蚀刻工具(例如活性离子蚀刻(RIE)工具)。因此在多种实施方案中，本公开的主题关联于热管理系统以冷却基于等离子体的反

应器。本公开的主题可能也与各种不同类型的热炉(如快速热退火及氧化)、离子植入、以及在各种不同半导体制造环境中会出现以及本技术领域中已知的各种不同的其他工艺以及测量工具一起使用。然而,本公开的主题不局限于半导体环境且可被用于一些机械工具环境中,如在机器人组装、制造以及加工环境(如,包含那些使用物理气相沉积(PVD工具)的操作)中的冷却操作、以及各种不同的其他环境。阅读以及理解在此提供的本公开的主题后,本领域技术人员应理解到本公开主题的多种实施方案可以被用于其他类型的处理工具以及广泛的各种不同的其他工具、设备以及部件。

[0054] 如在此所使用的,术语"或"会以包含性或排他性的意思理解。进一步,本领域技术人员在阅读和理解被提供的本公开之后将理解其他的实施方案。进一步,在阅读及理解在此提供的本公开之后,本领域技术人员将快速理解在此提供的技术及示例的各种不同的组合可能全被应用于各种不同的配置中。

[0055] 虽然多种实施方案被单独地讨论,这些单独的实施方案不意在被设想为独立的技术或设计。如上指出的,各种部分中的每一种可能是内在关联的且每一种可能分别被使用或与其他在此讨论的实施方案结合。例如,虽然方法、操作以及工艺的多种实施方案已被描述,但这些方法、操作以及工艺可以被分离地或以各种不同组合地使用。

[0056] 因此,可以做出许多修改和改变,这对阅读和理解在此所提供的本公开之后的本领域技术人员而言将是显而易见的。进一步,在本公开范围中功能性相当的方法和装置,除了那些已列举的外,将对前述的本领域技术人员而言是显而易见的。若干实施方案、材料以及构造技术的部分及特征可能被包含于其他实施方案、材料以及构造技术,或被其取代。这样的修改及改变意在落入随附的权利要求的范围内。因此,本公开仅被随附的权利要求的术语,以及这些权利要求所赋予的等同方案的全部范围限制。还需要理解,此处所使用的术语仅是为了描述具体实施方案且非旨在进行限制。

[0057] 实施例

[0058] 在第一实施例中,所公开的主题是一种热管冷却系统,其包含锥形结构,其具有被截断的上部分。所述锥形结构被配置成设置在介电窗上。所述锥形结构将在所述介电窗和所述锥形结构之间的容积中形成的第一传热流体的蒸气冷凝。至少一个冷却线圈靠近于所述锥形结构的外部部分形成。

[0059] 所述第一实施例的所述至少一个冷却线圈被配置成运送在其中的第二传热流体。

[0060] 在前述的实施例中,在所述介电窗被加热的操作期间,所述第一传热流体将从所述介电窗接收充分的热以将所述第一传热流体从液相转变为蒸气相,并且,在与所述锥形结构接触后,所述蒸气相将从所述被冷凝的蒸气形成冷凝液。

[0061] 在前述实施例中的任何一者中,所述至少一个冷却线圈靠近所述锥形结构的所述外部部分而形成并且与所述锥形结构的所述外部部分直接热接触。

[0062] 在前述实施例中的任何一者中,所述第一传热流体是介电流体,所述介电流体具有可选择沸点且能够在两相状态运作以提供所述介电窗的蒸发冷却,所述两相状态包含液相状态和蒸气相状态。

[0063] 在前述实施例中,所述可选择沸点在介于所述介电窗和所述锥形结构之间的所述容积中的压力下能选自约55℃至约270℃的范围。

[0064] 在前述实施例中的任何一者中,所述热管冷却系统包含与所述锥形结构和所述介

电窗两者的相对应的外周边呈机械耦合的上窗支撑结构。

[0065] 在前述实施例中，毛细沟槽形成在所述上窗支撑结构的内部的外周边上以使所述第一传热流体流过在所述介电窗的最上表面。

[0066] 在前述实施例中的任何一者中，所述介电窗的最上表面包含多个毛细沟槽，所述第一传热流体将在多个毛细沟槽中流动。

[0067] 在前述实施例中的任何一者中，所述介电窗的最上表面包含芯结构，所述芯结构包含一或多种类型的液体芯吸材料，所述液体芯吸材料包含选自以下材料中的一或多种材料：网状材料、至少部分多孔的烧结粉末、烧结陶瓷和烧结聚合物。

[0068] 在前述实施例中的任何一者中，所述热管冷却系统包含可以被加热的贮槽。所述贮槽靠近所述介电窗而形成以启动所述第一传热流体的两相热力循环。

[0069] 在前述实施例中，所述热管冷却系统包含堰体结构，如果来自所述第一传热流体的液体在所述介电窗上方超过预定深度，所述堰体结构允许所述液体流入所述贮槽。

[0070] 在前述实施例中的任何一者中，所述第一传热流体以充分薄的层分布在所述介电窗上，以减少在所述第一传热流体中的泡沫形成。

[0071] 在另一实施例中，所公开的主题是一种热管理系统，其用于从基于等离子体的反应器中的至少一些部件移除热。所述热管理系统包含将设置在介电窗上的锥形结构。所述锥形结构被配置成将在所述介电窗和所述锥形结构之间的容积中放置的第一传热流体的蒸气冷凝。所述锥形结构的内表面具有从所述锥形结构的中央部分朝所述锥形结构的外周边的下坡。至少一个冷却线圈靠近于所述锥形结构形成。所述至少一个冷却线圈被配置成运送在其中的第二传热流体。

[0072] 在所述热管理系统的另一实施例中，所述锥形结构包含被截断的上部分，从而形成一种类型的截头锥形结构。所述上部分位于所述锥形结构的所述中央部分附近。

[0073] 在所述热管理系统的先前实施例中的任何一个中，在所述基于等离子体的反应器的操作期间，所述第一传热流体将从所述介电窗接收充分的热以将所述第一传热流体从液相转变为蒸气相。在与所述锥形结构接触后，所述蒸气相将从所述被冷凝的蒸气形成冷凝液。

[0074] 在所述热管理系统的先前实施例中的任何一个中，所述至少一个冷却线圈在所述锥形结构的所述外部部分上形成，并且与所述锥形结构的所述外部部分直接热接触。

[0075] 在所述热管理系统的先前实施例中的任何一个中，所述第二传热流体通过外部泵在所述至少一个冷却线圈中循环。

[0076] 在所述热管理系统的先前实施例中的任何一个中，所述锥形结构由一或多种热传导材料形成，所述热传导材料包含选自以下材料中的至少一种材料：铜、铜合金、锌合金、铝、铝合金、不绣钢和高性能合金。

[0077] 在所述热管理系统的先前实施例中的任何一个中，所述锥形结构由一或多种热传导材料形成，所述热传导材料包含选自以下材料中的至少一种材料：碳浸渍介电材料和碳浸渍聚合材料。

[0078] 在所述热管理系统的先前实施例中的任何一个中，所述介电窗的最上表面包含多个毛细沟槽，所述第一传热流体将在多个毛细沟槽中流动。

[0079] 在所述热管理系统的先前实施例中的任何一个中，所述系统包含可以被加热的贮

槽。所述贮槽靠近所述介电窗。所述贮槽将启动所述第一传热流体的两相热力循环。

[0080] 在所述热管理系统的先前实施例中的任何一个中，所述系统包含堰体结构，如果来自所述第一传热流体的液体在所述介电窗上方超过一预定的深度，所述堰体结构允许所述液体流入所述贮槽。

[0081] 在另一实施例中，所公开的主题是一种热虹吸器，其用于从基于等离子体的反应器中的介电窗移除热。所述热虹吸器包含将被设置在所述介电窗上的锥形结构。所述锥形结构被配置成将在所述介电窗和所述锥形结构之间的容积中放置的第一传热流体的蒸气冷凝。所述锥形结构的内表面具有从所述锥形结构的中央部分朝所述锥形结构的外周边的下坡。所述系统还包括在所述锥形结构上的至少一个冷却线圈。所述至少一个冷却线圈被配置成运送在其中的第二传热流体。被配置成将被加热的贮槽靠近所述介电窗并且在其下面形成以启动所述第一传热流体的两相热力循环。

[0082] 在所述热虹吸器的另一实施例中，堰体结构被包含以便在来自所述第一传热流体的液体在所述介电窗上方超过预定深度的情况下允许所述液体流入所述贮槽。

[0083] 在所述热虹吸器的先前实施例中的任何一个中，所述介电窗的最上表面包含多个毛细沟槽，所述第一传热流体将在多个毛细沟槽中流动。

[0084] 提供本公开的摘要以使得读者能快速确定技术公开的性质。提交摘要时应理解，它不应被用于解释或限制权利要求。此外，在上述详细描述中，可以看出，为了简化本公开，可以将各种特征组合在单个实施方案中。该公开的方法不应被解释为限制权利要求。因此，以下权利要求特此并入详细说明中，每项权利要求独立作为单独的实施方案。

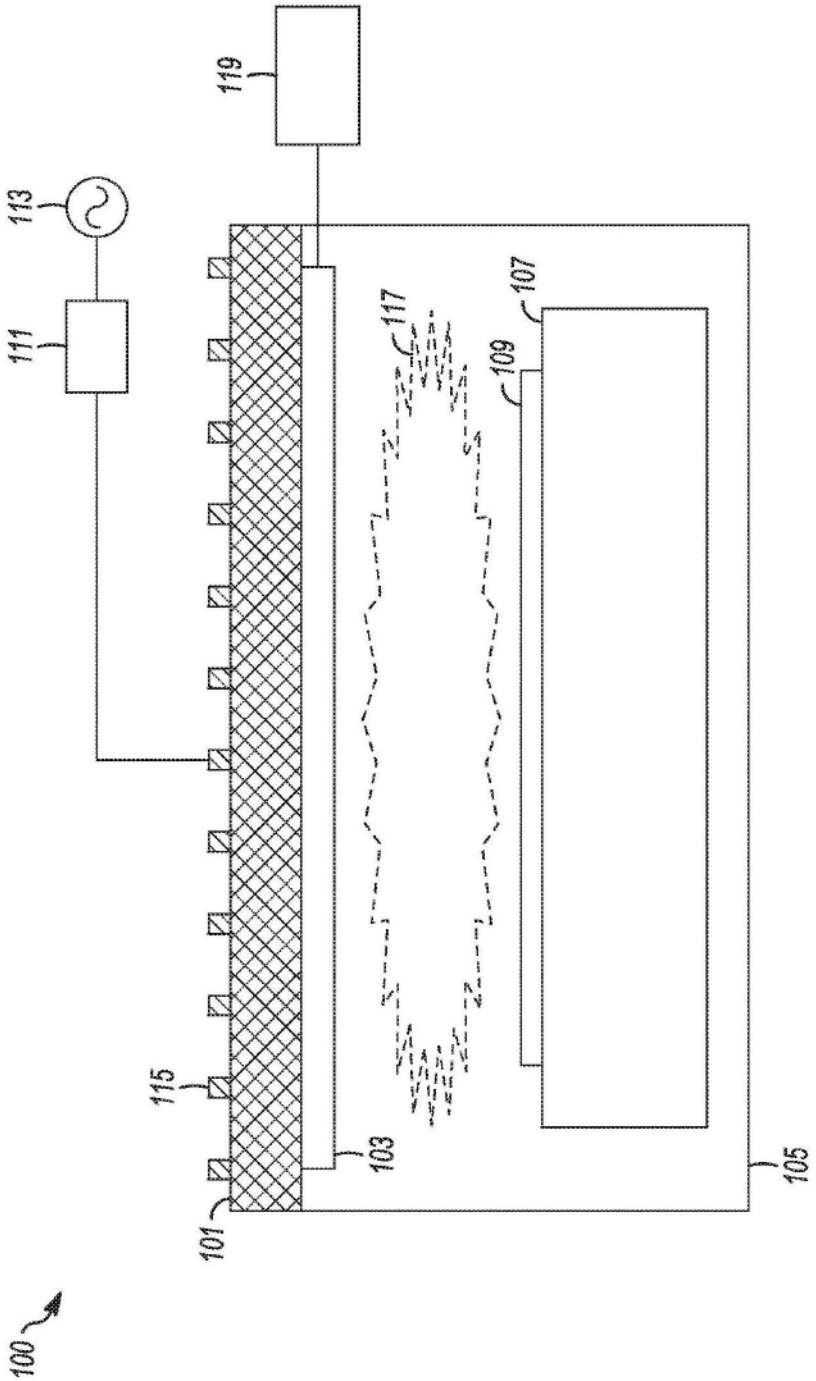


图1

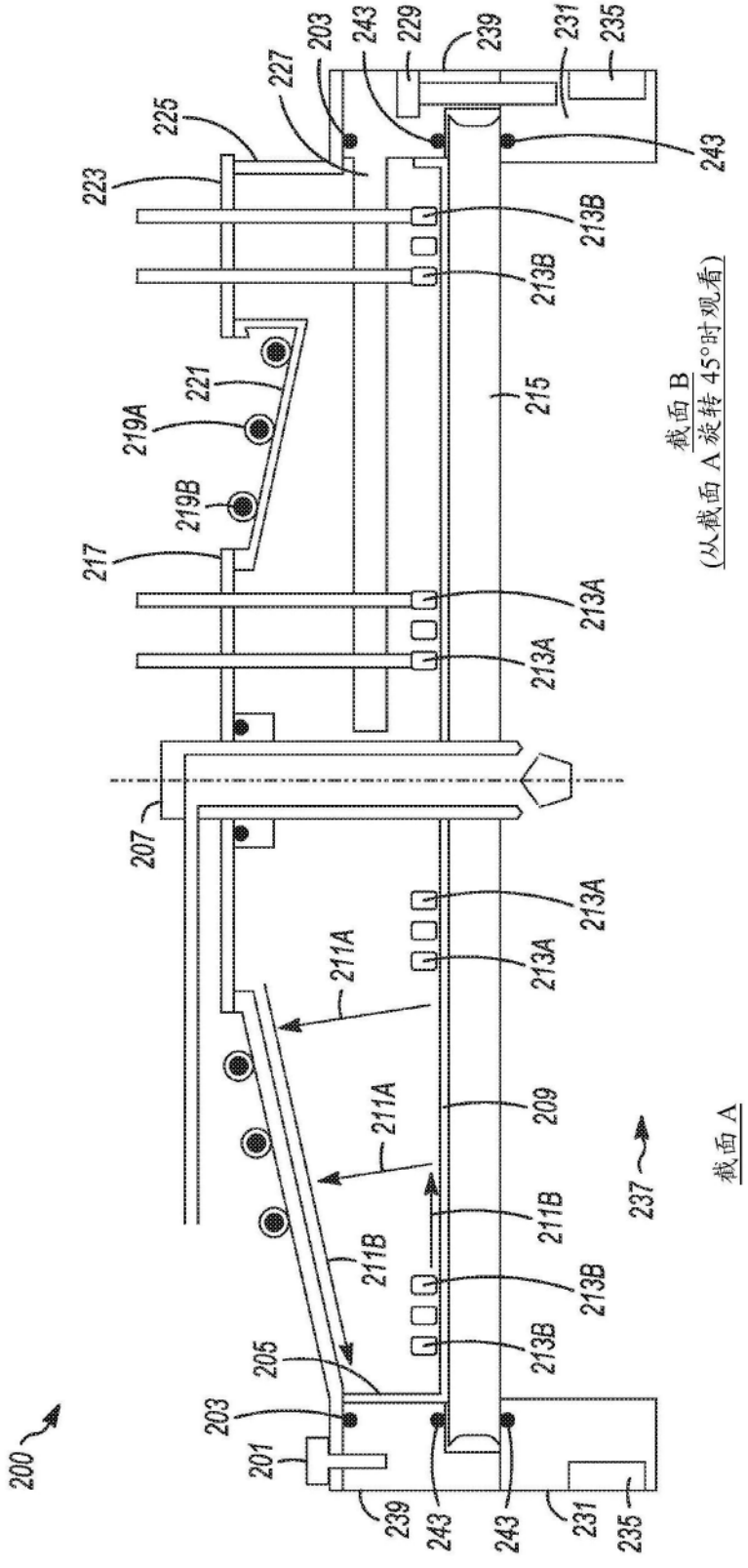

200
201
203
205
207
209
211A
211B
213A
213B
215
217
219A
219B
221
223
225
227
229
231
235
237
239
243
截面 A
截面 B
(从截面 A 旋转 45°时观看)

图2

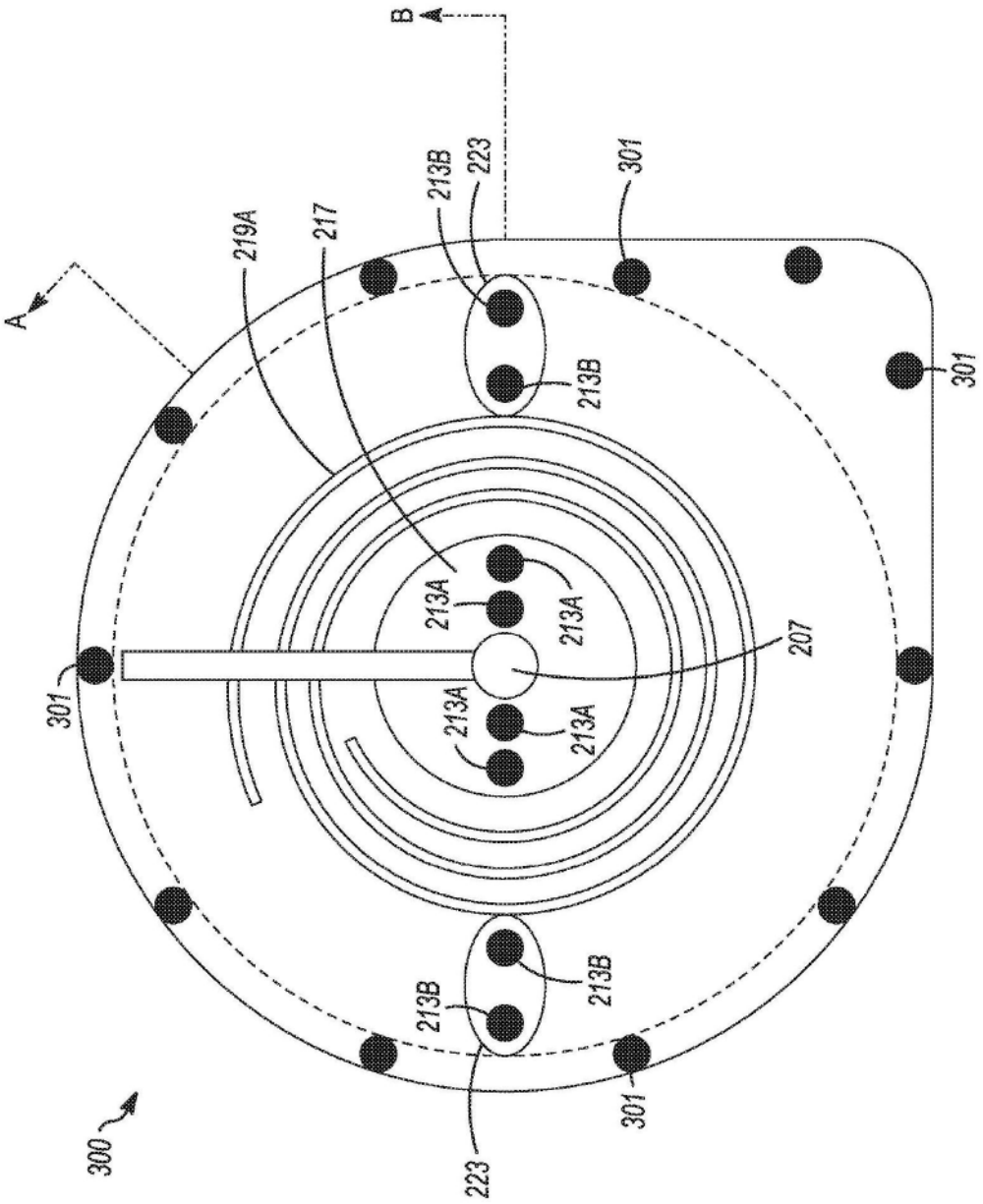

B
A
A
219A
217
213B
223
301
213B
301
213A
213A
207
301
213A
213A
213B
213B
301
300
223

图3

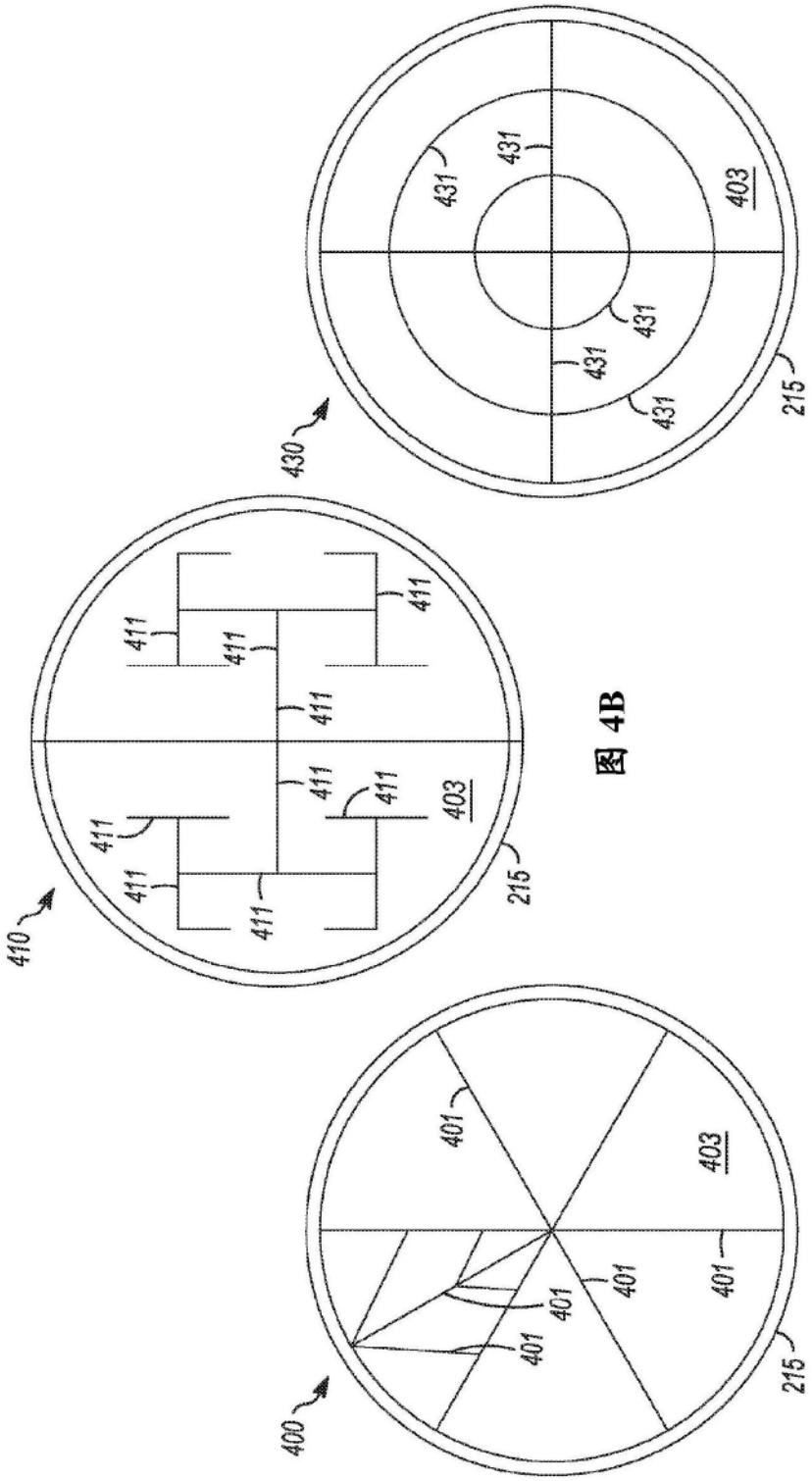


图 4A 图 4B 图 4C

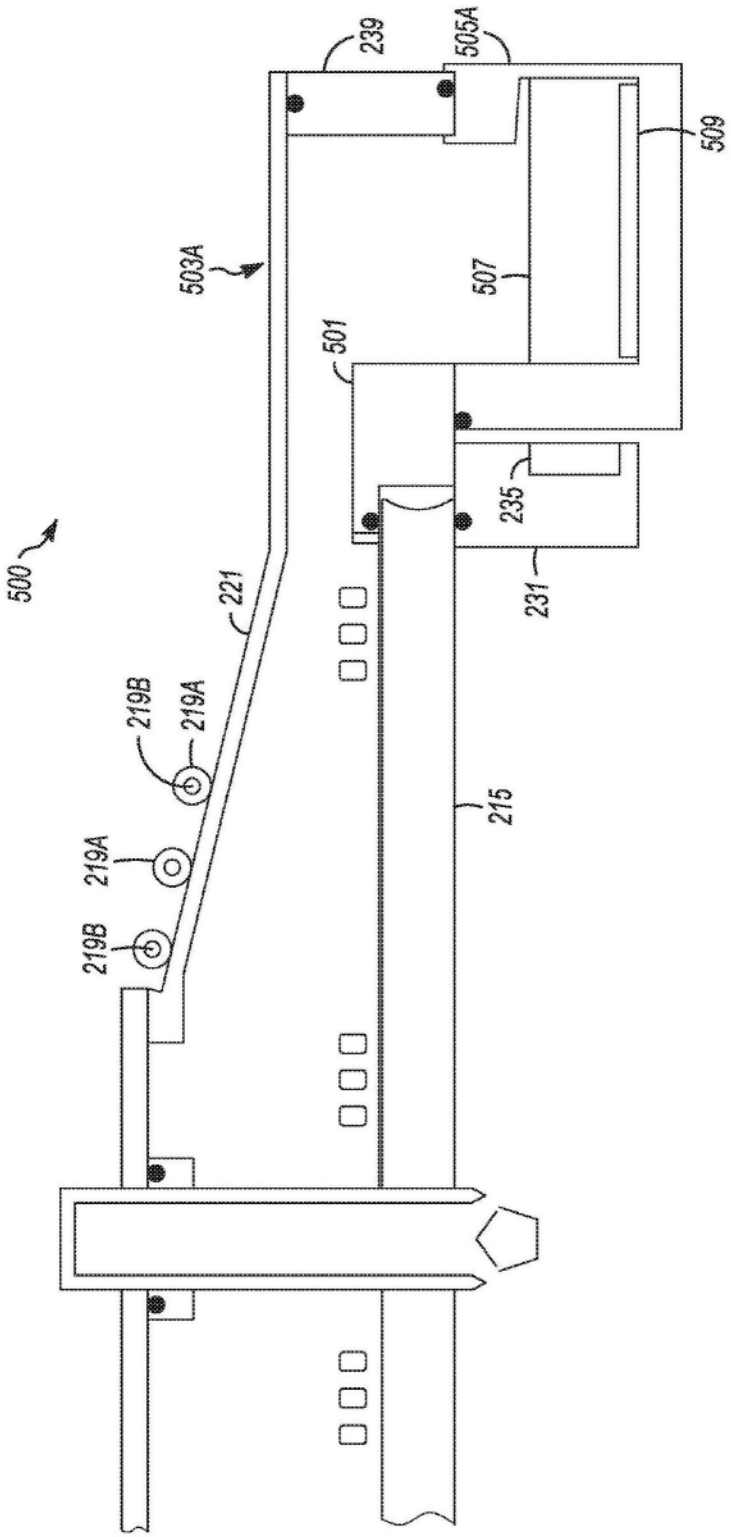

239
505A
509
503A
507
501
235
231
500
221
219B
219A
219A
219B
215

图5A

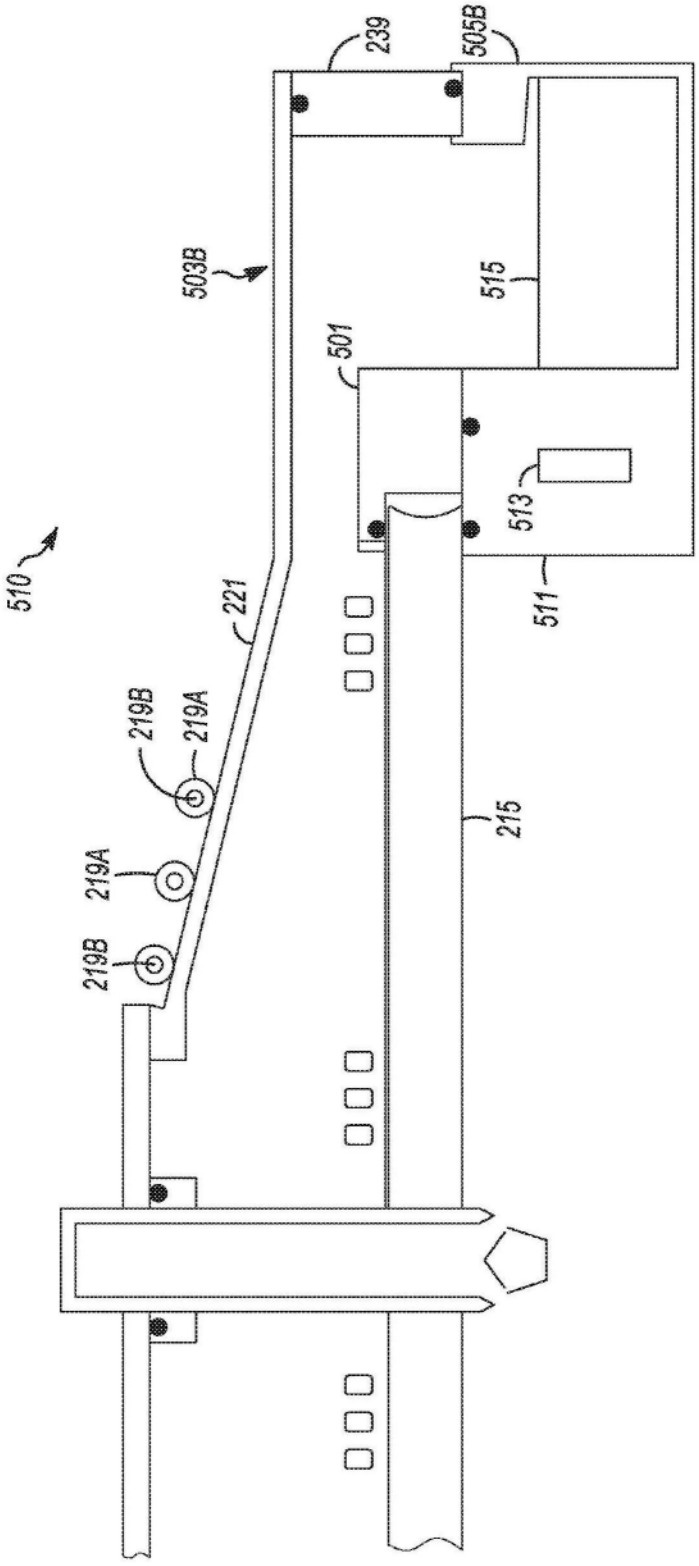


图5B

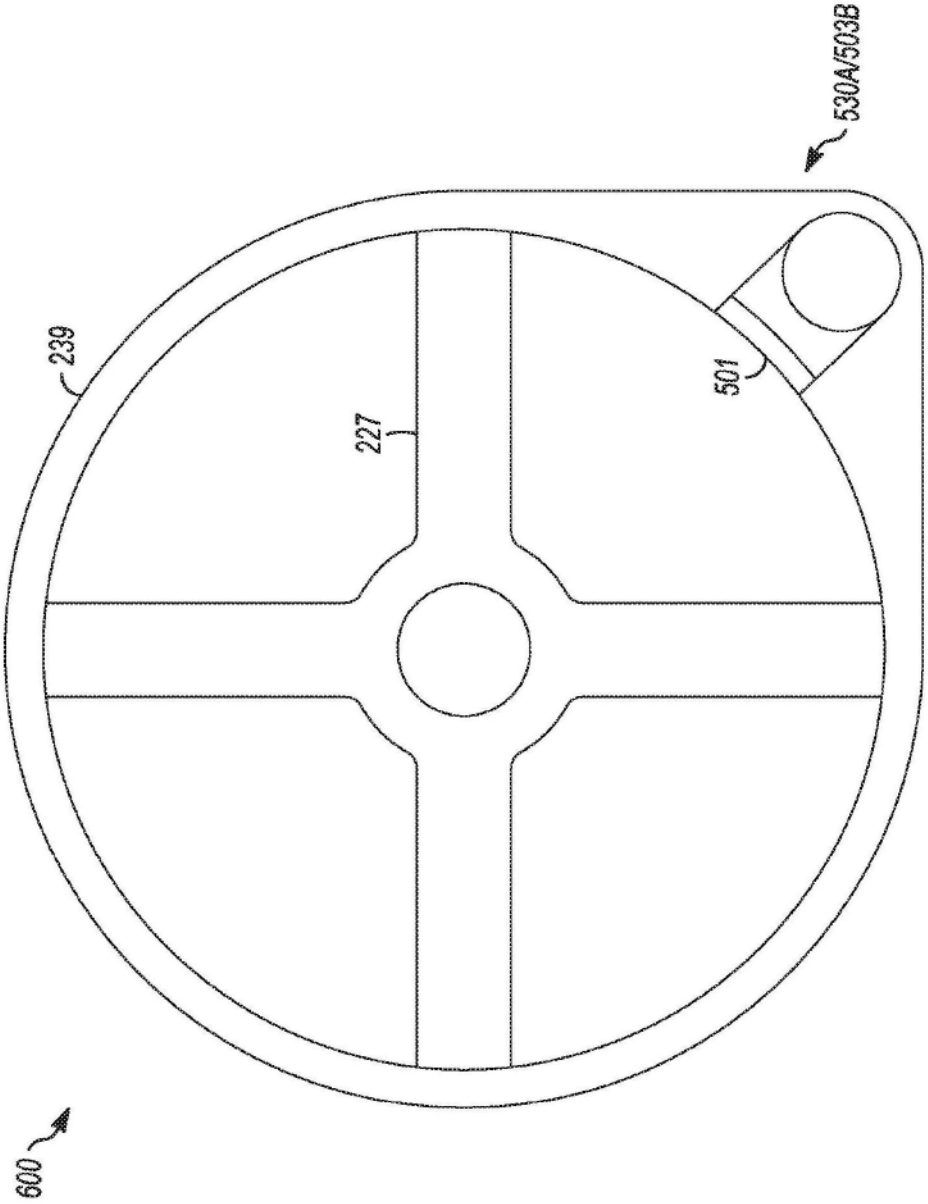


图6