



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103732786 B

(45)授权公告日 2016.08.17

(21)申请号 201180072858.3

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2011.06.22

C23C 14/12(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

C23C 14/22(2006.01)

2014.02.14

C23C 14/24(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

C23C 14/56(2006.01)

PCT/EP2011/060477 2011.06.22

C23C 14/26(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

(56)对比文件

W02012/175128 EN 2012.12.27

CN 1578725 A, 2005.02.09,

(73)专利权人 艾克斯特朗欧洲公司

US 2008/0193644 A1, 2008.08.14,

地址 德国黑措根拉特

JP 特表2010-535941 A, 2010.11.25,

(72)发明人 M.朗 M.格斯多夫 B.P.戈皮

审查员 蒋一征

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 曲莹

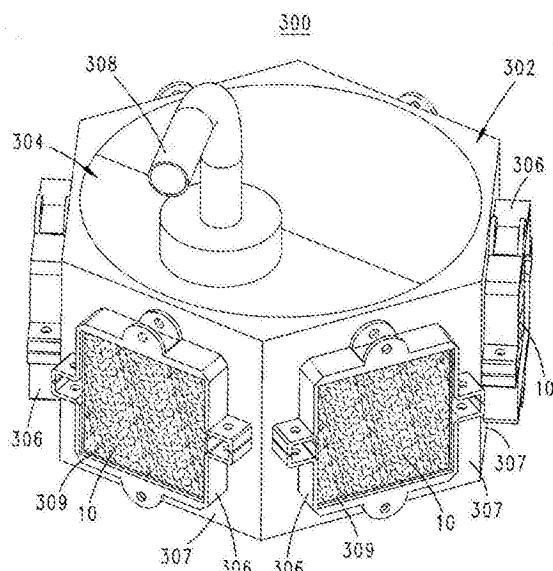
权利要求书3页 说明书22页 附图18页

(54)发明名称

气相沉积系统和供给头

(57)摘要

一种用于将载气和沉积气体的混合物输送到温度受控的目标基底的气相沉积系统，包括：转子；定位在转子内的定子，用于在定子和转子之间相对旋转地移动，转子包含多个支撑面，每个支撑面具有安装于此的框架；导电三维开孔式网状结构加热器元件，具有支撑在每个框架内的气相沉积在上面的选定的气相沉积材料的固体涂层，加热器元件能够可控地汽化固体涂层；连接到定子的载气进给管，用于将载气输送到定子内的输送管道；位于转子中的多个小面管道，每个小面管道与相应的支撑面对准，转子和定子的相对旋转运动允许输送管道与任何一个选定的小面管道对准，载气由此流过与选定的小面管道相邻的加热器元件。



1. 一种用于将载气和沉积气体的混合物输送到温度受控的目标基底的气相沉积系统，包括：

(a) 第一构件；

(b) 与所述第一构件相邻定位的第二构件以使得所述第二构件和所述第一构件彼此相对移动，其中，所述第一构件包含多个支撑面，每个支撑面具有安装于此的框架；

(c) 三维开孔式网状结构加热器元件，具有支撑在每个框架内的沉积在上面的选定的气相沉积材料的固体涂层，所述加热器元件能够可控地汽化所述固体涂层；

(d) 连接到所述第二构件的载气进给管，用于将载气输送到所述第二构件内的输送管道；

(e) 位于所述第一构件中的多个小面管道，每个小面管道与相应的支撑面对准，所述第一构件和所述第二构件的相对运动允许输送管道与任何一个选定的小面管道对准，载气由此流过与选定的小面管道相邻的加热器元件。

2. 根据权利要求1所述的气相沉积系统，其中，所述第一构件是转子，并且所述第二构件是定子，

其中所述定子可旋转地定位在所述转子内，或者所述转子绕所述定子定位。

3. 根据权利要求2所述的气相沉积系统，其中：

通过所述定子和所述转子之间的相对旋转，每个加热器可定位成面对目标基底。

4. 根据权利要求1所述的气相沉积系统，其中：

每个框架支撑加热器，所述加热器具有气相沉积在上面的不同的选定的气相沉积材料的固体涂层，从而不同的涂层材料可顺序地涂覆到目标基底上。

5. 根据权利要求1所述的气相沉积系统，还包括：

用于支撑多个目标基底的可旋转的目标基底支撑结构，其中这样支撑的每个目标基底单独地和顺序地通过旋转所述支撑结构而定位，以面对选定的一个小面管道驻留。

6. 根据权利要求2所述的气相沉积系统，其中：

所述定子包含第一定子部和第二定子部，

其中沉积气体进给管连接到所述第二定子部，用于将载气和沉积气体输送到位于所述第二定子部内的再装载管道，并且

其中所述转子可旋转地绕所述第一定子部和第二定子部定位，并且所述转子的旋转进一步允许再装载管道与任何一个选定的小面管道对准，从而气相沉积材料可输送通过沉积气体进给管，以气相沉积在使用了的加热器元件上。

7. 一种用于将载气和沉积气体的混合物输送到温度受控的目标基底的可再装载的气相沉积源供给头，包括：

(a) 第一构件，具有穿过其中的多个加热器管道，并具有以大致平面地彼此对准的方式从其支撑的多个加热器元件，每个加热器元件与相应的加热器管道对准，每个加热器元件是导电的三维开孔式网状结构，所述导电的三维开孔式网状结构具有气相沉积在上面的选定的气相沉积材料的固体涂层，所述加热器元件能够可控地汽化所述固体涂层；

(b) 附接至所述第一构件的第二构件，以使所述第一构件相对于所述第二构件移动，所述第二构件包含载气进给管道和沉积气体进给管道，所述第一构件可移动以将选定的加热器元件与所述载气进给管道或所述沉积气体进给管道任一对准；

(c)连接到所述第二构件的载气进给管,用于将载气输送到载气进给管道;以及

(d)连接到所述第二构件的沉积气体进给管,用于将沉积气体输送到沉积气体进给管道。

8.一种气相沉积装置,包括:

(a)至少一个蒸汽发生器源,用于将补充沉积气体供给到气室;

(b)至少一个载气供给管线,用于通过至少一个蒸汽发生器源将载气供给到所述气室,使得补充沉积气体和载气形成被输送到所述气室的第一混合物;

(c)三维开孔式网状结构,在上面具有气相沉积材料的固体涂层,所述三维开孔式网状结构驻留在所述气室内,所述三维开孔式网状结构具有在流动方向上穿过其中的温度梯度,使得补充沉积气体凝结在所述三维开孔式网状结构上;

(d)用于汽化所述固体涂层以形成与载气混合的沉积气体从而形成第二混合物的部件;

(e)用于以稳定的流动速率将第二混合物输送到腔室内的温度受控的基底的部件;以及

(f)排气端口,通过所述排气端口将载气从腔室排出。

9.一种气相沉积装置,包括:

(a)定位在沉积腔室内的多个气相沉积头,每个沉积头包含三维开孔式网状结构,所述三维开孔式网状结构的上面具有气相沉积材料的固体涂层;以及

(b)驻留在所述沉积腔室内的传送器系统,用于递送至少一个目标基底穿过靠近多个沉积头的沉积腔室,其中多个气相沉积头中的每个将气相沉积材料的分离层沉积在至少一个目标基底上。

10.根据权利要求8或9所述的气相沉积装置,其中:

每个三维开孔式网状结构是传导性的并且是加热器元件,

其中所述三维开孔式网状结构是导电的。

11.根据权利要求10所述的气相沉积装置,还包括:用于将电流供给到所述加热器元件的电源供给器。

12.根据权利要求10所述的气相沉积装置,还包括:

(a)电连接到每个加热器元件的各对电极;

(b)相应的导管,通过所述导管来输送惰性载气以流过每个加热器元件,当多个加热器元件中的每个汽化位于其上的固体涂层时,在每个加热器元件内产生沉积气体的可控分压,每个被汽化的固体涂层和载气形成相应的混合物;

(c)真空腔室,温度受控的基底被支撑在所述真空腔室中;以及

(d)用于将相应的混合物输送到所述沉积腔室的部件。

13.根据权利要求9所述的气相沉积装置,其中:

每个分离层由不同的气相沉积材料形成。

14.根据权利要求13所述的气相沉积装置,其中:

所述固体涂层是固体有机材料,和/或,

其中所述固体涂层是固体金属或陶瓷材料。

15.根据权利要求14所述的气相沉积装置,其中:

所述固体有机材料是OLED材料或有机金属材料。

16. 根据权利要求8或9所述的气相沉积装置,其中:

所述三维开孔式网状结构是传导性的并且是玻璃碳泡沫。

17. 根据权利要求8或9所述的气相沉积装置,还包括:

难熔金属或陶瓷在三维开孔式网状结构上的均匀涂层,

其中所述难熔金属是钨、钽或钼。

18. 根据权利要求10所述的气相沉积装置,还包括:

气相沉积速率传感器,所述气相沉积速率传感器用于测量材料沉积速率并且提供反馈,以控制输送到所述加热器元件的电流并控制补充沉积蒸汽通量。

气相沉积系统和供给头

技术领域

[0001] 本发明总体涉及物理气相沉积领域,更具体地涉及有机气相沉积,其中源材料被加热到一定温度以造成汽化,并且创建了与惰性载气混合并由惰性载气递送到基底的蒸汽烟羽(vapor plume),其中有机材料凝结而形成薄膜。

背景技术

[0002] 有许多方法用于将材料气相沉积到现有技术已知的基底的表面上。大多数情况下,在生产运行开始时,坩埚填充有数百克待沉积在基底上的材料。材料以粉末的形式放置在坩埚中。然后将坩埚及其内含物加热到提供期望汽化率的温度。

[0003] 这种途径可以使用晶体率监测以向响应缓慢的温度控制系统提供反馈来实现非常稳定的沉积速率,但会将坩埚中的多数材料暴露于高温下一长时间段。特别是对于用在有机发光二极管(OLED)器件中的有机材料,此长期暴露于高温下引起许多材料热分解的明显风险。另外,这些方法无法迅速启动和中断汽化。有机和无机材料之间的化学区别或多或少具有任意性,但其区别通常在于,在薄膜沉积领域人们将金属及其氧化物、氮化物和碳化物视为无机的。通过这个定义,相比之下,分解无机材料的风险是很低的。甚至在有机金属化学气相沉积(MOCVD)中使用的前驱体相对于用于小分子OLED器件的有机材料具有优良的热稳定性。为了解决这些问题,已经开发了自动再填充或坩埚交换系统,其中不断重复地引入少量的有机材料,使得它如Negishi的美国出版物No.20090061090所示在发生显著分解之前被消耗。在如Negishi的美国出版物No.20100015324教导的一些静态沉积系统中,每次循环所引入的有机材料的量被描述为精确地对应于期望沉积的膜厚度,并没有试图控制沉积速率。

[0004] 闪急汽化源也已开发,在按需基础上通过将冷却的粉末状有机材料计量到如Long的美国专利No.7,288,286教导的受热的筛网元件或者计量到如Long的美国出版物No.20090039175和Powell的美国专利No.6,037,241教导的多孔加热元件来解决分解问题。这些源将有机材料的热暴露时间减少到一秒或两秒,并允许快速启动和中断饱和蒸汽压力差异很大的单一组分及多组分粉末混合物的汽化。然而,为了实现稳定的沉积速率,这些系统需要快速响应的反馈系统,以补偿因粉末粒径和堆积密度变化造成的进料速率的变化和蒸汽产生速率的变化。就OLED材料沉积而言,若要达成稳定的沉积速率,则需要进料精度以几十微克为准来测量,并要求进给速率稳定性每秒每平方米基底表面积以个位数微克为准。

[0005] Frob的美国出版物No.20080193644描述了一种多孔加热元件,其可加载使得多孔结构塞满待涂覆到基底上的粉末状材料。当加热元件的温度上升时,粉末状材料被汽化。

[0006] 由于它们倾向于粘附到表面和凝聚而难以精确地计量微细的粉末,由于粒径变化而使汽化可变化,以及粉末的导热性差,这些都已经推动了固体和液体进给系统的开发。将粉末状有机材料转化成固体粒料通常需要进一步研磨粉末,以达到亚微米级的粒径,有时在液压机中挤压混合物之前增添惰性粘合剂,以保证某一最低水平的固体完整性。当推进

固体粒料大抵到达研磨装置时精确地控制固体粒料的移位,以再创建粉末流或喷雾,然后将其引导到如Hubert的美国专利No.5,820,678的用于汽化的加热元件。在该方法中,另外花费了一些成本将处理粉末的多数可变性移动到粒料制备工艺中,另外应注意,污染有机材料的可能性增加。

[0007] 基于喷涂雾化液滴流的汽化装置已被开发,用于汽化MOCVD系统中的液体前驱体。如Burrows的美国出版物No.20050227004教导的,类似概念的装置已适用于有机材料。Bulovic的美国出版物No.20060115585和Kirlin的美国专利No.5,204,314披露了涉及喷射液滴的工艺。这些系统受益于用于精确地分配甚至极少量的液体的完好开发的技术,并且受益于液体迅速从加热元件传导热量并几乎立即汽化的能力。

[0008] 气相沉积OLED材料甚至可以是更成问题的。OLED器件包含基底、阳极、注射并递送由有机化合物制成的层的孔、具有合适的掺杂剂的一个或多个有机发光层、有机电子注射和递送层以及阴极。OLED器件由于它们的低驱动电压、高亮度、宽角度观看以及能够全彩色薄发射地显示而具有吸引力。Tang等人在他们的美国专利No.4,769,292和No.4,885,211中描述了这种多层OLED器件。高性能OLED器件已经商品化,使用依赖于将有机材料加热到足以造成升华的温度的制造工艺。然后有机材料蒸汽在基底的表面上凝结为薄膜,以形成OLED器件。

[0009] MOCVD系统和OLED系统之间的重要区别在于,MOCVD前驱体是液体,而OLED材料在200°C以下是固体,通常只能在溶剂中溶解到1%或2%的浓度。结果,当液体被汽化时,产生大量体积的溶剂蒸汽。基于惰性液体中有机材料颗粒的悬浮液的系统具有更高的材料加载,但保持悬浮液的均匀性是有问题的。在所有情况下,已被证明非常难以从液体中去除痕量污染物,这会降低OLED器件性能,并且另外难以确保潜在地并入沉积膜中的溶剂分子不会降低器件的寿命或效率。

[0010] 从液体中去除痕量污染物本身存在困难,此为OLED材料经受在达到期望的纯度之前经常重复几次的热汽化净化工艺的根本原因。通过在坩埚中加热以及引导蒸汽沿着具有受控温度和温度梯度的凝结物收集管的长度凝结,从基于化学合成期望的有机分子的液体得到的材料通过热汽化工艺得以提纯。挥发性比目标分子更低的污染物倾向于优先凝结在玻璃管的较热端,而挥发性较高的污染物倾向于优先凝结在管的较冷端。原则上,在合适的温度和温度梯度沿着凝结物收集管的情况下,高纯度的凝结膜可以从管的中间附近的区域回收。凝结膜作为薄片从凝结物收集管的壁去除,并被研磨成粉末的形式。经过一个或多个净化升华循环之后,高纯度的凝结物被回收,并最终被研磨成具有特定粒径范围的成品粉末的形式。

[0011] Collins等人的美国专利No.5,059,292描述了一种用于就地从固体或液体源材料产生危险的多原子气体和自由基的单腔室装置和方法,固体或液体源材料含在用于存储和汽化两种用途的多孔发泡结构内。提供了用于在腔室内建立等离子放电的冷却的阴极,并且提供了热源以将多孔发泡结构保持在所选的固定温度范围内,使得通过由热源的热引起的汽化将源材料从多孔发泡结构去除,而在同一时间防止由多孔发泡结构本身汽化引起的消耗。源材料进入液体状态(如果适用,则通过从固体熔化),并被大量地吸收到发泡结构的孔隙中。发泡结构作为用于源材料的大容量储存器,并且在施加热量以从发泡结构的表面汽化源材料时,新的源材料不断地通过毛细作用到达加热表面。

发明内容

[0012] 现有技术没有教导气相沉积方法,其中目标上的沉积速率稳定性由于在按需基础上计量和汽化极少量粉末的困难和可变性而与补充蒸汽通量的任何可变性脱离。这通过使用传导性开孔式结构作为中间气相沉积容器来完成。中间气相沉积容器的传导性开孔式结构可优选是导电的,但可替代地是导热的,或者它可以是既导电又导热的。气相沉积在目标基底上的材料首先被气相沉积在中间气相沉积容器的开孔式结构中,使得中间气相沉积容器成为气相沉积材料源结构。然后,气相沉积材料源结构可用作气相沉积材料源,以气相沉积在最终的目标基底上。利用这种布置,气相沉积材料源结构的开孔式结构的蒸汽产生速率稳定性决定了目标基底上的沉积速率稳定性。通过在开孔式结构中利用输入蒸汽和输出蒸汽之间从气体到固体的相变,建立和维持精确的和大致不变的输出蒸汽通量的目标与维持来自蒸汽即时闪急汽化系统的稳定沉积速率的困难脱离。术语“大致不变的”在本文中用来表示优于+/-0.5%的沉积速率稳定性。当泡沫使在更早的时间(时间间隔)沉积的凝结物再汽化时,以及当稳定性为+/-8%的蒸汽进入泡沫的一侧并凝结而稳定性为+/-0.5%或更好的蒸汽同时离开泡沫的另一侧(空间分离)时,这种稳定得以保持。

[0013] 通过考虑有机材料净化工艺并考虑控制有机材料的汽化和分解的变量例如温度、热暴露时间、热导率、表面积、分压、总压和对流,本发明允许大大简化用于制造OLED器件的气相沉积材料特别是有机材料的制备和汽化。

[0014] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于将载气和沉积气体的混合物输送到温度受控的目标基底的气相沉积系统,包括:第一构件;与第一构件相邻定位的第二构件,用于在这两个构件之间相对地移动。第一构件可具有多个支撑面,每个支撑面设置有三维开孔式网状结构,三维开孔式网状结构形成加热器元件。第一元件可以是可相对于滑动器载体线性移动的滑动器。优选的是,第一构件是转子,并且第二构件是定位在转子内的定子,用于在定子和转子之间相对旋转地移动,转子包含多个支撑面,每个支撑面具有安装于此的框架;导电的三维开孔式网状结构加热器元件,具有支撑在每个框架内的气相沉积在上面的选定的气相沉积材料的固体涂层,加热器元件能够可控地汽化固体涂层;连接到定子的载气进给管,用于将载气输送到定子内的输送管道;位于转子中的多个小面管道(facetducts),每个小面管道与相应的支撑面对准,转子和定子的相对旋转运动允许输送管道与任何一个选定的小面管道对准,载气由此流过与选定的小面管道相邻的加热器元件。

[0015] 根据本发明的第二方面,提供了一种用于将载气和沉积气体的混合物输送到温度受控的目标基底的可再装载的气相沉积源供给头,包括:转子,具有穿过其中的多个加热器管道,并具有以大致平面地彼此对准的方式从其支撑的多个加热器元件,每个加热器元件与相应的加热器管道对准,每个加热器元件是导电的三维开孔式网状结构,导电的三维开孔式网状结构具有气相沉积在上面的选定的气相沉积材料的固体涂层,加热器元件能够可控地汽化固体涂层;附接至转子的定子,以使转子相对于定子旋转,定子包含载气进给管道和沉积气体进给管道,转子可旋转以将选定的加热器元件与载气进给管道或沉积气体进给管道任一对准;连接到定子的载气进给管,用于将载气输送到载气进给管道;以及连接到定子的沉积气体进给管,用于将沉积气体输送到沉积气体进给管道。

[0016] 根据本发明的第三方面，提供了一种气相沉积装置，包括：至少一个蒸汽发生器源，用于将补充沉积气体供给到气室；至少一个载气供给管线，用于通过至少一个蒸汽发生器源将载气供给到气室，使得补充沉积气体和载气形成被输送到气室的第一混合物；传导性三维开孔式网状结构，在上面具有气相沉积材料的固体涂层，传导性三维开孔式网状结构驻留在气室内，三维开孔式网状结构具有在流动方向上穿过其中的温度梯度，使得补充沉积气体凝结在传导性三维开孔式网状结构上；用于汽化固体涂层以形成与载气混合的沉积气体从而形成第二混合物的部件；用于以稳定的流动速率将第二混合物输送到腔室内的温度受控的基底的部件；以及排气端口，通过排气端口将载气从腔室排出。

[0017] 根据本发明的第四方面，提供了一种气相沉积装置，包括：定位在沉积腔室内的多个气相沉积头，每个沉积头包含传导性三维开孔式网状结构，传导性三维开孔式网状结构的上面具有气相沉积材料的固体涂层；以及驻留在沉积腔室内的传送器系统，用于递送至少一个目标基底穿过靠近多个沉积头的沉积腔室，其中多个气相沉积头中的每个将气相沉积材料的分离层沉积在至少一个目标基底上。每个沉积头可包括由三维开孔式网状结构形成的筒，其可交换地布置在气室内。所述筒形成用于气相沉积材料的可交换源。所述头可以通过由被装载筒替代使用了的筒进行装载。

[0018] 根据本发明的另一方面，传导性三维开孔式网状结构可优选为玻璃碳泡沫。难熔金属或陶瓷材料蒸汽的涂层可首先被气相沉积在传导性三维开孔式网状结构上，选定的气相沉积材料的固体涂层驻留在难熔金属或陶瓷材料的涂层顶部。选定的气相沉积材料的固体涂层的厚度在从大约1nm到大约2μm的范围内，并且大致不含污染物。选定的气相沉积材料是有机材料或有机金属材料，例如OLED材料。

[0019] 三维开孔式网状结构可优选地由支柱(struts)或系带(ligaments)构成。系带共同相对于沉积目标具有大的表面积，并且系带以共形的薄的凝结物涂层的形式收集有机材料蒸汽。开孔式元件包含用于在系带中产生热量或将热量传导到系带中的部件以及用于控制系带的温度以便可控地汽化凝结在上面的共形的有机材料涂层的部件。针对给定的加热元件体积和温度，系带和凝结在上面的有机材料之间的大的接触表面积和低的接触热阻提供了可控的和不寻常的大的有机蒸汽通量。

[0020] 使惰性气体流过三维开孔式元件以及流过系带周围，系带提供曲折流路，该曲折流路促进惰性气体与在受热系带周围产生的有机蒸汽混合。气体的流动和温度有助于控制有机蒸汽的产生速率和有机蒸汽朝向沉积目标的递送。

[0021] 传导性三维开孔式网状结构可优选为开孔式玻璃碳泡沫。开孔式玻璃碳泡沫也被称为网状玻璃碳泡沫，是三维互连的多面体孔的玻璃碳结构。玻璃碳是玻璃质碳而非石墨质碳。孔典型地由形成三维多面体的12至14个相连的支柱或系带构成。开孔是没有膜或固体连接于系带之间的孔，这样与孔自由连通和进出，并且在一组相邻的孔中，所有孔是相互连接的并形成三维互连的结构。开孔式泡沫具有这样的结构，其通常由三个三维互连的多面体孔组成，12至14个系带构成每个孔，并且每个孔具有球形形状。一种用于生产网状碳泡沫的方法在Stankiewicz的美国专利No.6,103,149中教导。Stankiewicz指出，玻璃碳泡沫经常经由化学气相沉积工艺涂覆有其它材料。如果底层玻璃碳泡沫的绝大多数孔具有与1大大不同的纵横比，则所得到的被涂覆泡沫的孔将具有与1大大不同的纵横比，并且所得到的被涂覆泡沫可具有各向异性特性。使用化学气相沉积用陶瓷如SiC或BN和金属如W或Ta来

涂敷碳泡沫。

附图说明

[0022] 图1描绘了升华净化装置的凝结物收集管内的开孔式中间气相沉积容器的示意图,所有这些都含在沉积腔室内。

[0023] 图1A是示出了温度梯度在整个凝结物收集管上的曲线图。

[0024] 图2是开孔式中间沉积容器的放大图,其中构成泡沫的相互连接的系带是清晰可见的。

[0025] 图3是构成开孔式气相沉积容器的系带的高度放大的横截面,在其上具有难熔金属或陶瓷和/或可汽化材料的涂层。

[0026] 图4是使用开孔式气相沉积材料源结构用于气相沉积的气相沉积装置的示意图。

[0027] 图4A示出了沿着图4的线III-III截取的开孔式气相沉积材料源结构和相应的支撑结构的横截面图。

[0028] 图5描绘了替代图4装置的气相沉积装置的示意图,其包含用于气相沉积的双开孔式气相沉积材料源结构。

[0029] 图6描绘了沿着图5的线IV-IV截取的开孔式气相沉积材料源结构和相应的支撑结构的横截面图。

[0030] 图6A描绘了沿着图5的线V-V截取的开孔式气相沉积材料源结构和相应的支撑结构的横截面图。

[0031] 图7描绘了示例性装置的顶视图,其中多个涂覆凝结物的泡沫加热元件可以加载在沉积头上并顺序地加热,以产生材料蒸汽,并且其中可控的载气流被引导穿过起作用的开孔式沉积容器,以获取载气中的材料蒸汽并在相对的基底表面上沉积材料膜。

[0032] 图8描绘了图7的示例性装置的透视图。

[0033] 图9是示例性装置的顶视图,其中多个涂覆凝结物的泡沫加热元件加载在多个沉积头上(如图8中描绘的)并顺序地加热,以产生多种材料蒸汽,并且其中载气流被引导穿过各自的起作用的开孔式沉积容器,以获取载气中的材料蒸汽并在各自相对的基底表面上同时沉积多个材料膜。

[0034] 图10是替代图9所示装置的示例性装置的顶视图,其中多个涂覆凝结物的泡沫加热元件可以加载在沉积系统中并顺序地加热,以产生材料蒸汽,并且其中可控的载气流被引导穿过起作用的开孔式沉积容器,以获取材料蒸汽并在相对的基底表面上沉积材料膜。提供了额外的气体流路,以能够在一个或多个当时不起作用的中间沉积容器内就地补充凝结物涂层。

[0035] 图11是穿过如图10装置的线VII-VII指示的平面的截面图。

[0036] 图12是替代图8所示装置的第二示例性装置的透视图,其中多个涂覆凝结物的泡沫加热元件可以加载在沉积系统中并顺序地加热,以产生材料蒸汽,并且其中可控的载气流被引导穿过起作用的开孔式沉积容器,以获取载气中的材料蒸汽。提供了额外的气体流路,以能够在一个或多个当时不起作用的中间沉积容器内就地补充凝结物涂层。

[0037] 图13是替代图12的第二示例性装置的底部平面图,以虚线示出了气体流道。

[0038] 图14是沿着图13所示平面XII截取的截面图,另外包含相对的目标基底。

[0039] 图14A是在图12-14中描绘的装置的透视图,示出有与开孔式泡沫加热元件相邻定位的更大的目标基底。

[0040] 图15描绘了替代图4和图5的装置的气相沉积装置的示意图,包含多个进气口和多个蒸汽源,其在按需基础上混合并输送到第一和第二开孔式加热器元件。

[0041] 图15A描绘了沿着图15的线III-III截取的开孔式加热元件和相应的支撑结构的横截面图。

[0042] 图16描绘了图15所述装置的蒸汽通量稳定化效果,产生该效果的动作是:容许蒸汽到达开孔式中间沉积容器,瞬间凝结蒸汽,进而以稳定的蒸汽通量汽化凝结物。

[0043] 图17是用于气相沉积到基底上并采用多个气相沉积头的气相沉积装置的示意图,基底在传送器上被递送穿过气相沉积腔室。

[0044] 图18是用于气相沉积到延长长度的基底上并采用多个气相沉积头的气相沉积装置的示意图,基底在传送器上被递送穿过气相沉积腔室。

具体实施方式

[0045] 本发明已经具体参考其某些优选实施例进行了详细描述,但是将理解,变化和修改可以在本发明的精神和范围内实现。

[0046] 一种改进的汽化工艺已经开发出来,它省去了精确计量粉末或者使用液体或者预加工粉末来形成粒料的需要。这种改进的汽化工艺减少了有机材料的热暴露,同时它省去了对快速响应控制系统的需要。通过观察掌管材料的汽化或升华的主要因素来指导设计;通常只在总体或宏观的意义上控制温度、表面积、分压和总压。坩埚的壁和它含有的有机粉末之间的有限接触、可以通过有机粉末存在的大的热梯度、粉末粒径的变化以及粉末的加热块内的局部分压和总压梯度都会造成不精确的汽化控制和坩埚温度超过达到给定沉积速率所必要的理论值的需要。以下原则在理解局部汽化条件怎么能够显著不同于平均汽化条件方面是有用的:

[0047] 第一,高真空条件下的汽化率与有机材料的温度呈指数变化。在对OLED材料有用的汽化温度下,材料温度1°C的变化可以影响汽化率5%的改变。

[0048] 第二,有机粉末是良好的绝缘体,特别是在高真空条件下以及一旦升华物在颗粒周围产生隔离的蒸汽阻隔则升华物特别难以通过固体传导来加热的条件下如此。考虑到汽化的能量损失和粉末的绝缘性能,有效的材料温度可以比加热器温度低得多,并且大的热梯度可以通过大量的有机材料而存在。有机材料温度不确定性的两种来源导致沉积速率的不确定性。用AlQ3和NPB这两种众所周知和表征良好的OLED材料所进行的实验证实:介于160°C和170°C之间的泡沫系带温度产生通常与380°C至390°C的坩埚温度相关联的沉积速率。由三个独立的测量方法验证了这比针对给定蒸汽通量的预期汽化器温度低数百度。

[0049] 第三,具有10nm以下尺寸的材料的熔点可以比块状材料的熔点低几十到几百度。因为相对于块状固体中的原子,纳米尺寸颗粒的表面原子在附近具有较少的邻近原子,并因此受较小的凝聚能约束,所以熔点降低的量随粒径的减小而增大。原子的凝聚能直接关系到从固体释放原子需要的热能,并因此关系到它的熔点。纳米大小颗粒所观察到的熔点下降也适合于薄膜,特别适合于薄膜形成的第一阶段,在薄膜形成的第一阶段,单分子凝结,然后在最终形成连续膜之前与其它分子聚结成亚纳米大小孤岛。这种现象被认为造成

了实验观察到的意想不到的低汽化温度。

[0050] 第四,高真空条件下的汽化通量与受热有机材料的暴露表面积成正比。增加有机材料的表面积可以允许降低为实现给定沉积速率所需要的温度。

[0051] 第五,因为实际汽化率与粉末颗粒周围的局部分压成反比,所以局部沉积速率存在变化。相邻及下面的颗粒可以通过以下方式来减少给定颗粒的理论汽化率:或者通过1)如果它们较冷则充当凝结物站点,或者通过2)汽化自己,如果蒸汽逸出不畅则有效地把局部分压驱向饱和。

[0052] 第六,实际汽化率与总压以及存在的任何边界层的厚度和密度成反比。通过创建明显的高分压,通过局部边界层的扩散将减缓局部汽化率。载气可以通过其对总压、边界层厚度和分压的影响而有效地控制沉积速率。

[0053] 观察图1,本发明包含将一个或多个开孔式泡沫结构10引入到升华净化装置11的中央区域中,在其较大的表面积上沉积有净化的有机材料凝结物的共形薄膜。如图1所示,待净化的材料12被加载到真空腔室16内的汽化装置14中,并由加热元件18加热到产生有效的汽化率所必要的温度。汽化装置14可以是简单的坩埚20,或者可使用闪急汽化来汽化具有很短热暴露时间的材料。可替换地,汽化装置14可有利地利用本公开的装置,代替坩埚20来汽化待净化的材料。蒸汽被引导穿过具有附图所示的温度梯度的凝结物收集管22(参见图1A),使得凝结物收集管22的温度在离汽化装置14最近的端部较高而在另一端较低。在凝结物收集管22的两端中间,设置有一个或多个开孔式泡沫元件10,其温度被控制并保持在期望的凝结温度Tc下,使得具有期望分子结构的蒸汽优先凝结在开孔式泡沫元件10上。泡沫元件10可以如图1中设置,一个或多个泡沫元件的表面垂直于凝结物收集管22的轴线定位,或者泡沫元件10可以具有多面体或管状的形状并同心地定位在凝结物收集管22内。泡沫元件10也可以采取平板的形式,该平板布置成与凝结物收集管22的壁总体共形。真空腔室16通过真空泵21与压力传感器24和压力控制器26的组合而保持在期望的压力下。图2是泡沫元件10的开孔式多面体结构的放大图,其由相互连接的支柱或系带28构成。这样由玻璃碳制成的泡沫可商购自ERG航空航天。这些泡沫材料可以通过化学沉积工艺用金属和陶瓷进行涂覆。

[0054] 图3是泡沫的系带28的横截面的高度放大的视图,其具有在该图中由非常厚的凝结材料涂层30环绕的总体三角形形状。

[0055] 以这种方式收集净化的有机材料凝结物省去了以下步骤:从升华净化装置中的收集管内部去除凝结物,然后将该凝结物研磨到规定的粒径和粒径范围,这通常在制备用于气相沉积的OLED材料时做出。直接从净化升华装置11收集凝结物的改进方法大大减少了收集和处理的微细粉末对健康的危害,另外消除了在去除、研磨和颗粒筛分工艺中的损失和污染。

[0056] 如图4所示,注入凝结物的开孔式泡沫元件10从升华净化装置11去除并设置在气相沉积装置32中。载气从输入管34被引导穿过质量流量控制器36和可选的气体加热器38。载气通过输入管道40进入沉积装置32,并由气体分配歧管或气室42均匀地引导在开孔式泡沫元件10的表面上。用于加热的电能通过导线44、45和接触件46、48被带入到泡沫元件10,从而使泡沫元件10充当加热元件。以这种方式,泡沫元件10的温度得以控制,由于致密共形凝结膜和开孔式泡沫元件10的表面之间的紧密热接触,从而以与真空腔室50的内部压力、

载气流速和泡沫元件10的温度相关性良好的速率来汽化凝结在开孔式泡沫元件10内的表面上的材料。基底保持器52控制基底54的温度，并且真空腔室50的内部通过真空泵56与压力传感器58和压力控制器60的组合而保持在期望的压力下。气体分配歧管42可由加热元件62加热到足以防止通过载气流反向扩散的蒸汽分子凝结在气体分配歧管42的内表面上的温度。

[0057] 本领域技术人员将认识到，用于本文所述实施例的目标温度控制的基底可采取许多形式。目标基底最常用的是具有介于0.3和0.7mm之间的厚度的硼硅玻璃板，它的两面被抛光用于显示器应用。针对往往对成本更敏感的照明应用，目标基底最常用的是具有介于0.5和1mm之间的厚度的钠钙玻璃板，它的至少一个面被抛光。亦已知使用由玻璃、铝或不锈钢箔制成的柔性基底。这些箔的厚度通常介于25和100微米之间。在防潮膜涂层首先已沉积为用于OLED材料的支撑层之后，也已使用聚合物基底如PET和PEN。

[0058] 观察图4A，示出了气相沉积装置32的横截面图。加热器10夹在电极64、66之间。电极64和66可优选地是传导性金属箔，电流经过电极64、66流到加热器10的系带，以产生热量。电缆引线68、70分别连接到电极64和66。电极64、66可优选地采取传导性箔的形式。各种金属可以用于电极64、66。由于它们在高温下的相对化学惰性，可以便利地使用钛、钽、钨或钼或这些材料在较软的金属如铜或银上的涂层。兼容元件72、74是耐热材料且可选地是热传导材料。兼容元件72、74可以与加热器10的表面纹理共形，并且在将加热器10挤压在屈从地支撑的传导性箔64、66上时引起传导性箔64、66的局部变形。有用的屈从性材料的一个例子是GRAFOIL®。德国Wilmington的UCAR Carbon Company公司制造了GRAFOIL®柔性石墨作为轧制片产品，它呈现出良好的耐热性，按重量计通常超过97%的元素为碳。

[0059] 图4A中所示的夹层构造在加热器10与传导性箔64和66之间提供了低接触电阻，确保至少90%的热量产生于加热器10的系带中，而不是产生于电极64、66和加热器10之间的界面处。也可以使用纳米颗粒的银涂料来降低电极64、66和加热器10的碳泡沫材料之间的电接触电阻。因为银颗粒是纳米大小的，所以它们在比块状银的熔化温度低几百度的温度下软化和熔化。这种性质非常依赖于大小且便于在电极64、66和加热器10的碳泡沫材料之间建立优异的电接触。加热器10与箔64、66和兼容元件72、74由接触件76、78夹持在一起。接触件76、78可以是导电的，并被附接至电极64、66，分别将电流载运至加热器10。可替代地，接触件76、78可以是电绝缘体，或者具有电绝缘涂层，但作为热导体以冷却加热器10。隔离元件80将加热结构与蒸汽歧管或气室42电和热隔离开，并且整个组件通过夹持结构84单元化。热电偶86或红外传感器可以用于测量加热器10的温度并提供反馈，以控制输送到加热器10的电流。也可以测量作为温度的函数输送到加热器10的电压和电流，以确定有效电阻。大多数材料具有电阻的可测量温度系数和测后校准(after calibration)；可以推断出基于有效电阻的平均加热器温度。

[0060] 图5描绘了与图4所示装置32类似的替代气相沉积装置100。载气从输入管102被引导穿过质量流量控制器104和可选的气体加热器106。载气通过输入管道108进入气相沉积装置100，并由气体分配歧管或气室110均匀地引导在开孔式泡沫元件10的表面上。用于加热的电能通过导线112、113和接触件114、116被带入到泡沫元件10，从而使泡沫元件10充当加热器。以这种方式，泡沫元件10的温度得以控制，由于致密共形凝结膜和开孔式泡沫元件10的表面之间的紧密热接触，从而以与真空腔室118的内部压力、载气流速和泡沫温度极相

关的速率来汽化凝结在开孔式泡沫元件10内的表面上的材料。基底保持器120控制基底122的温度，并且真空腔室118的内部通过真空泵124与压力传感器126和压力控制器128的组合而保持在期望的压力下。气体分配歧管或气室110可由加热元件130加热到足以防止通过载气流反向扩散的蒸汽分子凝结在其内表面上的温度。在本实施例中，气体分配气室110内的气体分配功能用第二开孔式泡沫结构或加热元件132来完成，后者与用于再汽化已凝结的材料的开孔式泡沫元件10类似或相同。然而，第二开孔式泡沫结构或元件132在其上不具有气相沉积涂层。代替作为气相沉积材料在气相沉积工艺中的源，第二开孔式泡沫结构132用来将载气均匀地分布在开孔式泡沫元件10的上游面上。开孔式泡沫结构132可通过使电流通过接触件134、136和电流输送导线138、139进行加热。如此，第二开孔式泡沫结构132可选地用于预热载气。气体分配歧管110、加热元件130与可选的气体加热器106、输入管道108、导线112和接触件114和116的组合连同开孔式加热元件10、132一起在本文中可称为蒸汽沉积头140。众所周知的是，开孔式泡沫结构随意改变穿过它们的气体的稳定流动方向，从而在泡沫的输出面的整个面积上产生在空间上均匀的输出流，即使输入流集中在小于1%的泡沫输入面面积上亦如此。图5中所示构造的特别有利之处在于，单个开孔式泡沫元件132向加热和汽化的开孔式泡沫元件10提供均匀的载气流，可以提供对载气的加热，并且可以加热到受热温度以防止从开孔式泡沫元件10产生的通过载气流反向扩散的蒸汽分子在其表面上以及在气体分配歧管110的表面上发生凝结。该方法实现了基于加热器温度和载气流量的精确气相沉积速率，无需精确地制备和分配粉末，无需引入液体，并且无需快速响应的控制系统。在用凝结膜而非粉末的过程中，该方法另外减小了有机材料可以经受水蒸气和其它污染物的渗入的暴露表面积。当注入在开孔式泡沫中的有机材料被耗尽时，可引入具有新鲜填充的有机材料的新泡沫元件。

[0061] 三维开孔式网状泡沫结构是市售的，具有90–97%的开口孔隙率。在这些开孔式网状泡沫中，只有多面体状孔的边缘得以保留。孔的边缘或系带最经常具有大致三角形的横截面，并相对于泡沫的体积共同呈现大的表面积。在 250cm^3 泡沫体积内包围每个系带的一微米厚有机凝结物将构成1克的被凝结有机材料。相对于汽化粉末的系统，共形的被凝结有机膜和开孔式泡沫结构中的系带之间的紧密机械接触提供了卓越的温度均匀性和到整个有机材料的热传递，以及改进了系带的温度与有机材料的汽化率之间的控制和相关性。

[0062] 例如，开孔式泡沫可以由玻璃碳制成，并因此可以用作响应式电阻加热器，因为它是导电的。此外，开孔式泡沫的非常低的质量允许非常快的加热响应。虽然玻璃碳是相对惰性的，但耐熔金属(例如铌、钽、钨、钼和铼)、惰性金属(例如金和铂)以及陶瓷化合物(例如金属的氧化物、氮化物、碳化物、硼化物和硅化物)可通过CVD沉积在玻璃碳结构上以产生共形涂层，保留玻璃碳的电阻加热特性，同时提高泡沫在空气中的热传导性、机械强度和最高工作温度。通过将涂层引入在玻璃碳上，也可以控制泡沫元件的发射率，以例如使通过热辐射吸收并发射的能量最小化。泡沫结构的截面的透视图在图2中进行了描绘。

[0063] 观察图6，其中示出了沿着图5中穿过加热器10的线IV-IV的气相沉积装置100的横截面图。在图5中沿着线V-V穿过加热器132的平行横截面在图6A中示出。图6和图6A两者示出了与图4A中所示功能元件相同的功能元件。加热器10被夹在电极142、144之间。电极142、144由传导性金属箔制成，电流流过电极142、144并通过电极142、144流向加热器10的系带，以在系带中产生电阻热。电缆引线或导线112、113分别连接到电极142、144。电极142、144可

优选地采取传导性箔的形式。各种金属可以用于电极142、144。由于它们在高温下的相对化学惰性,可以便利地使用钛、钽、钨或钼或这些材料在较软的金属如铜或银上的涂层。兼容元件146、148是耐热材料且可选地是热传导材料。兼容元件146、148可以与加热器10的表面纹理共形,并且在将加热器10挤压在屈从地支撑的电极142、144上时引起电极142、144的局部变形。有用的屈从性材料的一个例子是GRAFOIL®。德国Wilmington的UCAR Carbon Company公司制造了GRAFOIL®柔性石墨作为轧制片产品,它呈现出良好的耐热性,按重量计通常超过97%的元素为碳。

[0064] 图6中所示的夹层构造在加热器10与电极142、144之间提供了低接触电阻,确保至少90%的热量产生于加热器10的系带中,而不是产生于电极142、144和加热器10之间的界面处。也可以使用纳米颗粒的银涂料来降低电极142、144和加热器10的碳泡沫材料之间的电接触电阻。因为银颗粒是纳米大小的,所以它们在比块状银的熔化温度低几百度的温度下软化和熔化。这种行为非常依赖于大小且便于在电极142、144和加热器10的碳泡沫材料之间建立优异的电接触。加热器10与箔142、144和兼容元件146、148由接触件114、116夹持在一起。接触件114、116可以是导电的,并被附接至电极142、144,分别将电流载运至加热器10。可替代地,接触件114、116可以是电绝缘体,或者具有电绝缘涂层,但作为热导体用于冷却加热器10。隔离元件150将加热结构与气室110电和热隔离开,并且整个组件通过夹持结构152单元化。热电偶86或红外传感器可以用于测量加热器10的温度并提供反馈,以控制输送到加热器10的电流。也可以测量作为温度的函数输送到加热器10的电压和电流,以确定有效电阻。大多数材料具有电阻的可测量温度系数和测后校准;可以推断出基于有效电阻的平均加热器温度。

[0065] 在图6A中,电缆引线或导线138、139分别连接到电极135、137。电极135、137可优选地采取传导性箔的形式。各种金属可以用于电极135、137。由于它们在高温下的相对化学惰性,可以便利地使用钛、钽、钨或钼或这些材料在较软的金属如铜或银上的涂层。兼容元件131、133是耐热材料且可选地是热传导材料。兼容元件131、133可以与加热器132的表面纹理共形,并且在将加热器10挤压在屈从地支撑的兼容元件131、133上时引起电极135、137的局部变形。有用的屈从性材料的一个例子是GRAFOIL®。德国Wilmington的UCAR Carbon Company公司制造了GRAFOIL®柔性石墨作为轧制片产品,它呈现出良好的耐热性,按重量计通常超过97%的元素为碳。

[0066] 来自三维开孔式网状元件的有机材料的汽化率在泡沫结构内的广泛范围的被凝结材料质量上基本恒定,但作为三维开孔式网状元件的温度的函数、作为腔室压力的函数并作为载气流速的函数而变化。有机材料和开孔式泡沫加热器之间的大的相互作用表面积以及与整个共形有机材料涂层的紧密且均匀的热接触大大增加了泡沫加热器结构在给定温度下所产生的蒸汽通量。另外,泡沫结构超过90%的开口孔隙率提供了低阻力流路,以使蒸汽从泡沫结构逸出,并使惰性载气进一步协助从泡沫疏散有机蒸汽。允许有机蒸汽从凝结物表面的自由逸出和可选地利用载气促进逸出会在凝结物表面上培养出低的分压环境,这进一步提高了针对给定的加热器温度的汽化率。因为有机材料的分解与温度密切相关,所以蒸汽发生器源温度减少了50°C或以上,这已经针对给定的蒸汽通量用本公开的装置加以证明,这显著降低了有机材料的分解。所公开的几何形状能够以非常局部的水平在有机

材料的几乎整个体积上精确地控制温度、分压和总压。惰性载气的温度可以与泡沫材料的温度相同或不同。如果载气比泡沫材料更冷，则可以实现泡沫的冷却并因此提供迅速中断、启动或修改有机材料的汽化率的能力。如果载气比泡沫更热，则它可用于提供至少部分的汽化能量并再次中断、启动或修改基于气体流速的沉积速率。此外，载气可以是惰性气体和有机蒸汽的混合物，这样离开泡沫的流由多种有机材料蒸汽组成。

[0067] 载气的流速及其对分压的影响提供了比可通过单独的温度控制达到的更大的沉积速率控制。忆及汽化率随温度呈指数变化，1°C的温度变化可以影响5%的沉积速率改变，但超过一定范围时，沉积速率随载气的流速几乎线性地变化。

[0068] 可以证明，第五代基底(1.43m²表面积)上的20nm厚的膜只含有36毫克的有机材料，而每微米凝结物厚度在每250cm³泡沫体积中注入的1克被凝结有机材料可以用于涂覆至少12个第五代大小基底，即使只有50%的沉积效率亦如此。1微米凝结物厚度对250cm³体积的开孔式泡沫增加了不到10PPM的表面积变化，即使当有机材料被消耗时针对给定的泡沫温度也允许优异的沉积速率稳定性。对于每天生产2000m²被涂覆基底的高产量应用，平均每一层沉积的有机材料的量是每天50克。如果沉积效率大于50%，则每日需要的有机凝结物体积可以注入测量为30cm×30cm×5cm厚的泡沫块中。

[0069] 多种操作模式是可能的。例如，多个涂覆或注入凝结物的(如参考图1、图4、图4A和图6描述的)泡沫加热元件10可以加载在沉积源供给头300(在图7和图8中示出)中并依次加热，以产生蒸汽并由此实现比将用单一泡沫元件实践的沉积周期更长。沉积源供给头300包括可以使一个相对于另一个旋转的转子302和定子304。在一个实施例中，转子302绕定子304旋转；而在另一实施例中，定子304在转子302内旋转。在此示例性实施例中所示的沉积源供给头300是六棱柱，并包含安装在其每个面307上的框架306。在每个框架306中支撑有涂覆或注入凝结物的泡沫加热元件10。类似于如图6所示加热元件10支撑在框架或夹持结构152内的方式，加热元件10支撑在框架306内。出于简洁的目的，参照图6描述的电极、电缆引线、兼容元件、接触件、电隔离元件和蒸汽歧管未在图7和图8中示出，或者未参考图7和图8进行描述(除了在图8中可见的单一接触件309)。然而，本领域技术人员将认识到，这样的元件需要存在，这样加热元件10实际上可以充当加热器。流过进给管308的惰性载气进入定子304中的管道310，定子304可与转子302一起旋转但与转子302气密地配合。惰性载气穿过转子302中的管道312，并均匀地分布在起作用的开孔式泡沫加热元件10的表面上。载气与当加热时在开孔式泡沫加热元件10内产生的蒸汽混合，并递送到支撑在温度受控的基底保持器316上的基底314，在其中蒸汽凝结以沉积受控厚度的膜。沉积源供给头300是可旋转的，使得转子302上的每个加热元件10可定位成与定子304中的管道310对准，这样气体从进给管308流入管道310中，然后流入管道312中并穿过对准的加热元件10。载气与在加热元件10内由汽化材料所产生的蒸汽混合，混合物通入含有目标基底314的沉积腔室(未示出)中，并且蒸汽凝结在目标基底314的表面上。图8示出了沉积源供给头的透视图。虽然转子302的每个面307被描绘为平坦的，并且每个加热元件10被描绘为具有平坦表面，但本领域技术人员将会理解，支撑面307可具有其它形状。例如，每个加热元件10可采取曲线形式，并且支撑面307或者框架306或者两者可任一或至少适于接收曲线的加热元件。以这种方式，该装置可以适于气相沉积到弯曲的或者非平坦表面上。可替代地，每个注入凝结物的加热元件10可以含有不同的可汽化材料，这样当转子302将不同的注入凝结物的加热元件10载

运成与载气管道312和基底314对准时,单一基底314依次接收不同材料的涂层。

[0070] 本领域技术人员将会了解,如图9所示的可旋转的多面棱柱320可以与一个或多个沉积源供给头300组合使用。基底保持器322和目标基底324可以安装在可旋转的多面棱柱320的每个面上,并可以旋转成与一个或多个沉积头300上的若干注入凝结物的加热元件10之一面对着对准,使得单一或多个膜沉积可以在接连的基底324上以连续的方式完成。图9所示的装置可以例如在一连串连续的基底上沉积12个不同的层。在本实施例中,单一的气体进给管308、定子304和管道310在沉积头300中示出,但本领域技术人员将会理解,多个气体进给管、定子和管道可以布置在转子302内,每个与不同的注入凝结物的加热元件10流体连通,以同时在多个基底上同时汽化注入的可汽化材料。如果有多个多面棱柱320来保持围绕具有多个气体进给管的一个沉积源供给头布置的基底,则多个基底(位于不同的基底保持棱柱上)可以同时接收涂料。基底保持棱柱可以保持静止,而单一的沉积头在其六个面上顺序穿过六种不同的材料,以在每个基底保持棱柱的基底之一上建立六层膜堆。可替代地,沉积头可以保持静止,而多个基底保持棱柱顺序穿过它们的六个基底,以各自在沉积头旋转以开始在六个基底的每个上沉积新的材料之前在六个基底的每个上沉积相同的材料。如图10所示,也可以就地用凝结物再装载耗尽和空闲的泡沫加热元件10。在本实施例中,多个涂覆或注入凝结物的泡沫加热元件10可以加载在如图10中顶视图所示的沉积源供给头400中。这些加热元件10可以依次加热,以产生蒸汽并由此实现比将用单一泡沫元件实践的沉积周期更长。沉积源供给头400包括可以使一个相对于另一个旋转的转子402和定子部404、406。在一个实施例中,转子402绕定子部404、406旋转;而在另一实施例中,定子部404、406在转子402内旋转。在此示例性实施例中所示的沉积源供给头400是六棱柱,并包含安装在其每个面上的框架408。框架408与参考图7描述的框架306相同。在每个框架408中支撑有至少一个涂覆或注入凝结物的泡沫加热元件10。类似于如图6所示加热元件10支撑在框架22内的方式,加热元件10支撑在框架408内。出于简洁的目的,参考图6描述的电极、电缆引线、兼容元件、接触件、电隔离元件和蒸汽歧管未在图10和图11中示出,或者未参考图10和图11进行描述。然而,本领域技术人员将认识到,这样的元件需要存在,这样加热元件10实际上可以充当加热器。流过进给管410的惰性载气进入定子部404中的管道412,定子部404可与转子402一起旋转但与转子402气密地配合。惰性载气穿过转子402中的管道414,并均匀地分布在起作用的开孔式泡沫加热元件10的表面上。载气与在开孔式泡沫加热元件10内产生的蒸汽混合,并递送到支撑在基底支撑件418(含在未示出的沉积腔室中)上的基底416,在其中蒸汽凝结以沉积受控厚度的膜。沉积源供给头400是可旋转的,使得转子402上的每个加热元件10可定位成与定子部404中的管道412对准,这样气体从进给管410流入管道412中,然后流入管道414中并穿过选择性对准的加热元件10。载气与在加热元件10内由汽化材料所产生的蒸汽混合,混合物通入含有目标基底416的沉积腔室(未示出)中,并且蒸汽凝结在基底416的表面上。

[0071] 在图10所示的实施例中,补充蒸汽通量从第二蒸汽源(未示出)产生,穿过进给管410并进入定子部406中的管道420,定子部406可与转子402一起旋转但与转子402气密地配合。补充蒸汽穿过转子402中的管道422,并均匀地分散到泡沫加热元件10的体积中(维持在将促进补充蒸汽凝结的温度下)。当补充蒸汽膨胀到泡沫内的较低温度和压力区域中时,它冷却,且蒸汽凝结在泡沫的较冷系带上以在其上形成固体涂层。泡沫充当凝结物累积器,存

储足够的固态有机材料以便随后涂覆很多基底。补充蒸汽通量在图10所示装置中的增添可以无限期地维持该装置作为汽化材料源的沉积功能。在本实施例中，补充蒸汽源不必具有特别稳定或受控的蒸汽通量。

[0072] 图11示出了沿着平面VII截取通过图10的装置的横截面，以更清楚地示出穿过该装置的蒸汽路径。转子402旋转以使支撑在框架408内的选定加热元件10与管道412、414对准，使沉积蒸汽可以在选定的加热元件10中产生并发送到目标基底416。同样，旋转转子402以使支撑在框架408内的选定加热元件10与管道420、422对准，使得补充蒸汽可以输送到使用了的加热元件10，以用沉积材料的涂层再涂覆使用了的加热元件。在使用了的加热元件10已经用气相沉积材料再装载之后，可以将它旋转回到与管道412、414对准的位置。

[0073] 包含气相沉积头500的替代的示例性气相沉积装置在图12、图13和图14中示出，它同样能够依次加热并汽化来自一个或多个开孔式泡沫元件10的材料，并且它能够具有分离的站以在一个或多个耗尽的开孔式泡沫元件上补充凝结物涂层。受控的载气流过进给管502，并进入定子部506中的管道504。载气穿过转子510中的管道508，并与在开孔式泡沫加热元件10中汽化的材料混合。然后，材料蒸汽凝结在支撑在基底保持器514上的基底512(如图14所示)的与泡沫加热元件10面对着对准的表面上，泡沫加热元件10用附接至转子510的相应框架511单独支撑。选定气相沉积材料的补充蒸汽可被容许穿过进给管516，并进入定子部520中的管道518。然后，补充蒸汽穿过转子510中的管道522，并凝结在当时与管道518对准的开孔式泡沫加热元件10的系带上。该构造享有图7和图10中所示装置的所有功能能力，原因在于多个注入材料的泡沫加热元件10可依次加热，以产生与载气混合的材料蒸汽，用于沉积在面对着对准的基底512上，其类似于图7中所示装置的功能；支撑相应基底512的一个或多个基底保持器514本身可支撑在可旋转的台(未示出)上，允许一个或多个沉积头500同时将材料沉积在基底512上，基底512由一个或多个基底支撑台支撑，其类似于图9所示装置的功能，可以引入选定气相沉积材料的补充蒸汽，以将沉积材料补充于消耗的泡沫元件10中，泡沫元件10定位在起作用的沉积位置以外，其类似于图10所示装置的功能。

[0074] 然而，当每个泡沫加热元件10同时用于产生与分离的载气流混合的材料蒸汽以将材料的混合物沉积在相对的基底表面上时，该构造可以实现附加功能。多个泡沫元件10在沉积期间可相对于目标基底保持静止，并依靠气体混合在沉积膜中创建空间均匀的材料浓度，或者可另外利用泡沫加热元件10和基底之间的旋转、平移或其它相对运动在基底的表面上创建期望的材料浓度均匀性。这种操作模式可以从图14A中最容易想到，基底524具有稍微小于转子510的尺寸，转子510的中心与转子510的轴同心并与泡沫加热元件10间隔开短的距离。旋转联接可以用于将多个气体流从静止的气源连通到多个旋转的泡沫加热元件。在此构造中，三个(在这种情况下)泡沫加热元件的每个可以以不同的汽化率汽化不同的有机材料，以将膜设置在静止的基底上，它是三种有机材料的受控混合物。将在该示例中使用三个分离的气体进给管。在本实施例中转子和定子两者将一起旋转，使载气继续流动到其相应的泡沫元件。此外，本领域技术人员将认识到，作为对旋转泡沫元件的替代，可旋转基底。通常，基底必须是温控的，而这将同样需要对于冷却剂流的旋转联接。

[0075] 在实验上，当在处于从10到200Pa压力范围下的真空腔室中加热到100℃和200℃之间的温度时，泡沫具有大约1mm的孔隙孔大小且在蒸汽流动方向上具有1cm的厚度在存储和释放有机蒸汽时被证明是有效的。除了演示开孔式泡沫作为再汽化凝结物涂层的手段的

适应性,还进行了实验以确定补充蒸汽是否可以连续地输送到起作用地产生蒸汽通量的泡沫元件。这些实验表明,通过使经过1cm厚开孔式泡沫元件的流动方向的温度分布变化,可以使用泡沫元件作为蒸汽选择筛或阀。在第一温度条件下,泡沫允许补充蒸汽分子自由穿过,以及允许从泡沫内的凝结物产生蒸汽。在第二温度条件下,泡沫防止超过1%的补充蒸汽分子的一小部分穿过,并抑制从泡沫内的凝结物产生蒸汽。在这两种条件中,载气几乎不受阻碍地流过泡沫。即使有足够的空旷面积允许观察者“看透”泡沫元件,仍会观察到作为蒸汽选择筛的这种行为。在这个压力和温度范围内,定义为与另一分子碰撞前的分子行进平均距离的平均自由路径较小,但处于与泡沫的平均孔隙大小相同的数量级上。据相信,由于平均自由路径的短的碰撞距离与孔隙大小的相关性解释了以下缘由:蒸汽分子不受阻碍地穿过泡沫的百分比几乎为零,并且远小于大视线空旷面积的预期。从两个角度来看,选择性地允许或防止蒸汽穿过同时提供几乎无阻力的载气流的能力对操作载气辅助的沉积系统是重要的。从第一角度来看,有用的是,在期望的膜厚度已经沉积在基底上时能够关闭传入的蒸汽流,并且这样做不会妨碍载气流并因此不会妨碍沉积腔室中的压力。蒸汽通常仅代表几个百分点的总气流,但来自晶体率监测器的沉积膜厚度信号受其周围压力改变的强烈影响。通过选择性地仅抑制蒸汽流,可以保持恒定的腔室压力,因此可以保持可靠的膜厚度监测器读数。从第二角度来看,在越过基底之后,载气必须排出,并且总要有一些蒸汽在基底下游的废气中。捕捉到该残余蒸汽以防止不必要地沉积在排气系统中并且这样做不会显著地阻碍排出载气的流动是有用的。

[0076] 虽然第一个1cm厚的泡沫元件实验未能证明产生稳定的再汽化蒸汽通量的能力,它完全独立于并流的补充蒸汽通量,但它表明,开孔式泡沫与其外观建议的相比是一种有效得多的蒸汽筛。

[0077] 在图15中示出有替代实施例的气相沉积装置600,其中就地执行了涂层在开孔式泡沫元件602上的补充。来自一个或多个蒸汽发生器源604、606的连续补充蒸汽流被引导到蒸汽混合器616,每个蒸汽发生器源604、606具有相应的载气进口608、610和相应的气流控制器612、614,蒸汽混合器616具有可选的稀释载气进口618、气流控制器620和气体温度控制器622。从蒸汽混合器616中,气体混合物通过导管624发送到气体分配歧管或气室628的进气口管626中。开孔式泡沫结构602、630驻留在气体分配歧管或气室628内,它可由加热元件631加热到足以防止通过载气流反向扩散的蒸汽分子凝结在气体分配歧管或气室628的内表面上的温度。用于加热的电能通过导线632、633和接触件634、635被带入到泡沫元件602、630,从而使泡沫元件602、630充当加热元件。引导气流均匀地流入泡沫结构或元件602、630中,并均匀地凝结在泡沫结构602、630的系带上。泡沫结构602、630基本与参考先前附图描绘和讨论的开孔式泡沫元件10一样,不同之处在于,开孔式泡沫加热元件630不具有在其上沉积的气相沉积材料的涂层。

[0078] 基底保持器636控制基底637的温度,并且真空腔室638的内部通过真空泵639与压力传感器640和压力控制器642的组合而保持在期望的压力下。在本实施例中,气室628内的气体分配功能用第二开孔式泡沫结构或元件630来完成,后者与用于再汽化已凝结的材料的开孔式泡沫元件602类似或相同。然而,第二开孔式泡沫结构或元件630在其上不具有气相沉积涂层。代替作为气相沉积材料在气相沉积工艺中的源,第二开孔式泡沫结构630用来将载气均匀地分布在开孔式泡沫元件602的上游面上。开孔式泡沫结构630使电流通过接触

件644、646和电流输送导线648、650进行加热。如此，第二开孔式泡沫结构630可选地用于预热载气。气体分配歧管或气室628、加热元件602、630、进气口管626、电线648、650和接触件644、646连同开孔式加热元件602、630的组合一起在本文中被称为蒸汽沉积头652。

[0079] 在本实施例中，在蒸汽流动方向上穿过泡沫结构602、630的厚度建立了温度梯度，使得在补充蒸汽进入泡沫结构630的地方温度最高，而在泡沫结构602与目标基底654相对的表面上温度最低，目标基底654被支撑在沉积腔室658内的基底保持器656上。基底保持器656控制基底654的温度，并且沉积腔室658的内部通过真空泵662与压力传感器664和压力控制器666的组合而保持在期望的压力下。通过对电流通过的泡沫元件602、630的横截面定尺寸以在补充蒸汽进口附近建立更高的电流密度来实现这种热梯度。也可以使用两个或两个以上单独可控的泡沫元件602、630来实现需要的热梯度。自然，穿过泡沫元件602、630的厚度的某一热梯度由于在一侧存在受热的补充蒸汽歧管并在另一侧存在冷得多的基底637而得以实现。当补充蒸汽分子与具有约等于孔尺寸的平均自由路径的载气分子一起进入开孔式泡沫结构时，它们频繁地相互碰撞并与泡沫结构的系带碰撞。穿过泡沫的厚度相继与系带碰撞的蒸汽分子具有随着每次碰撞而凝结的概率，并且在日益更冷的系带上凝结的可能性增加。在单一泡沫元件具有一厘米厚度的情况下，观察到前面讨论的蒸汽特定筛的行为，但生成完全独立于并流的补充蒸汽通量的稳定再汽化蒸汽通量没有实现。通过增添第二个1cm厚的泡沫元件或通过使用更厚的泡沫元件，凝结碰撞的概率增大，沿流动方向的温度差可以增加，使得几乎所有的补充蒸汽分子在行进过整个泡沫厚度之前被迫凝结。因为在高度稳定的和可控的速率下再汽化之前补充蒸汽首先凝结（若是瞬间的最好），所以可以实现补充蒸汽通量和输出蒸汽通量中的不稳定性之间的完全隔离。在使用非常热敏感材料的情况下，瞬间凝结机制是最可取的。在补充蒸汽由多于一种材料组成的情况下，尤其是当多于一种材料的饱和蒸汽压力相异时，瞬时凝结机制也是最可取的。以这种方式，泡沫结构的无穷小的包围有机材料涂层通过均匀分布在开孔式泡沫结构的表面上的补充有机材料蒸汽的连续或间歇通量得以更新或维护。此补充蒸汽以共形的薄凝涂物涂层的形式基本上直接凝结在泡沫系带上。该实施例允许例如在辊对辊生产中连续地沉积到移动的基底上，只要平均补充蒸汽通量等于平均沉积通量即可。利用此实施例，例如通过闪急汽化或通过在坩埚中的典型汽化而供给到开孔式泡沫结构的广泛波动的输入蒸汽速率可以转化为从开孔式泡沫结构到目标基底不到1%的变化的蒸汽输出速率。

[0080] 观察图15A，示出有气相沉积装置600的横截面图。加热器630夹在电极668、670之间。电极668、670由传导性金属箔制成，并且电流流过电极668、670，经过电极668、670到达加热器630的系带，以使电阻热在系带中产生。电缆引线或导线648、650分别连接到电极668、670。电极668、670可优选地采取传导性箔的形式。各种金属可以用于电极668、670。由于它们在高温下的相对化学惰性，可以便利地使用钛、钽、钨或钼或这些材料在较软的金属如铜或银上的涂层。兼容元件672、674是耐热材料且可选地是热传导材料。兼容元件672、674可以与加热器630的表面纹理共形，并且在将加热器630挤压在屈从地支撑的电极668、670上时引起电极668、670的局部变形。有用的屈从性材料的一个例子是GRAFOIL®。德国Wilmington的UCAR Carbon Company公司制造了GRAFOIL®柔性石墨作为轧制片产品，它呈现出良好的耐热性，按重量计通常超过97%的元素为碳。

[0081] 图15A中所示的夹层构造在加热器600与电极668、670之间提供了低接触电阻，确

保至少90%的热量产生于加热器630的系带中,而不是产生于电极668、670和加热器630之间的界面处。也可以使用纳米颗粒的银涂料来降低电极668、670和加热器630的碳泡沫材料之间的电接触电阻。因为银颗粒是纳米大小的,所以它们在比块状银的熔化温度低几百度的温度下软化和熔化。这种性质非常依赖于大小且便于在电极668、670和加热器630的碳泡沫材料之间建立优异的电接触。加热器630、电极668、670和兼容元件672、674由接触件644、646夹持在一起。接触件644、646可以是导电的,并被附接至电极668、670,分别将电流载运至加热器630。可替代地,接触件644、646可以是电绝缘体,或者具有电绝缘涂层,但作为热导体以冷却加热器630。隔离元件676将加热结构与气室628电和热隔离开,并且整个组件通过夹持结构678单元化。热电偶680或红外传感器可以用于测量加热器630的温度并提供反馈,以控制输送到加热器630的电流。也可以测量作为温度的函数输送到加热器630的电压和电流,以确定有效电阻。大多数材料具有电阻的可测量温度系数和测后校准;可以推断出基于有效电阻的平均加热器温度。

[0082] 传感器682可以用于就地测量从泡沫结构602发出的蒸汽通量,并且该信号可以用于控制输送到泡沫元件602或泡沫元件602和630两者的功率,使得输出蒸汽通量可以控制到非常精确的通量值,该通量值在长的时间间隔中不论系统中温度和压力如何变化均大致保持不变。传感器682可以是石英晶体振荡器或者其它就地沉积的膜厚度测量传感器,其测量材料蒸汽在传感器的起作用的面上的沉积速率。由于来自泡沫元件602的固有稳定的输出通量,到泡沫元件602和/或630的反馈回路可以具有非常低的带宽(以几十秒为单位测量)。泡沫元件的作用可以与电容器的作用进行比较,使得即使在输入信号是高度可变的情况下也会得到相对恒定的输出信号。这种行为以图形方式描绘在图16中,其显示补充沉积蒸汽对开孔式泡沫加热元件10的广泛可变的输入速率684,以在其上形成气相沉积涂层。然而,通过加热泡沫加热元件10所产生的沉积蒸汽的输出速率686是非常稳定的。控制系统也可以有利地含有级联控制回路,以基于在控制输送到泡沫元件602的功率的主回路中的持续性正或负控制信号来调节汽化源604和606的平均补充蒸汽通量。

[0083] 我们已经以相当通用的术语描述了开孔式泡沫结构的使用,但说明显示了将泡沫元件用于可类推为花洒式布置的配置中,其中单个泡沫元件具有总体正方形的形状。也可以使用长矩形式的泡沫,这将适用于供同轴和辊对辊沉积(in-line and roll-to-roll deposition)使用的线性歧管。图17描绘了同轴沉积系统700,其中多个气相沉积头702串联布置。每个气相沉积头702与图5所示的气相沉积头140大致相同,或者可替代地与图15所示的气相沉积头大致相同。支撑在传送器系统706上的多个基底704被递送到气相沉积头702附近,并接收从每个气相沉积头702发出的相应沉积材料的涂层,以在基底704上产生分层涂层。基底704示出为从基底供给匣708输送,递送到紧靠气相沉积头702的基底传送器系统706上,并输送到接收基底匣710。本领域技术人员将会了解,基底704可通过除匣708之外的手段输送到传送器系统706,通过除传送器系统706之外的手段进行递送,并且涂覆的基底705可通过除匣710之外的手段进行接收。气相沉积头702、传送器系统706、基底供给匣708和接收基底匣710含在真空腔室712内。真空腔室712中的压力通过包括压力传感器714、压力控制器716和真空泵718的反馈系统来控制。

[0084] 图18描绘了同轴沉积系统800,其中多个气相沉积头802串联布置。每个气相沉积头802与图5所示的气相沉积头140大致相同,或者可替代地与图15所示的气相沉积头大致

相同。支撑在传送器系统806上的延长长度基底804被递送到气相沉积头802附近，并接收从每个气相沉积头802发出的相应沉积材料的涂层，以在基底804上产生分层涂层。基底804示出为从辊808输送，递送到紧靠气相沉积头802的基底传送器系统806上，并输送到接收辊810。本领域技术人员将会了解，基底804可通过除辊808之外的手段输送到传送器系统806，通过除传送器系统806之外的手段进行递送，并且涂覆的基底805可通过除辊810之外的手段进行接收。气相沉积头802、传送器系统806、基底供给辊808和基底接收辊810含在真空腔室812内。真空腔室812中的压力通过包括压力传感器814、压力控制器816和真空泵818的反馈系统来控制。

[0085] 如本文所使用的术语“延长长度的基底(extended length substrate)”意指包含具有比沉积腔室的长度更大的长度的基底。这必然包含图18中所示的辊对辊构造。

[0086] 图18中描绘的辊对辊构造表明，本发明适用于在两个离散的和延长的基底上批量和连续沉积的工艺。柔性基底可以由玻璃、铝或不锈钢箔制成。这些箔通常介于25和100微米厚。在防潮膜涂层首先已沉积为用于OLED材料的支撑层之后，也可以使用聚合物基底如PET和PEN。

[0087] 在这些实施例的每个之中，目标基底上的沉积速率稳定性由开孔式泡沫结构的蒸汽产生速率稳定性来确定，并由于在按需基础上计量和汽化极少量粉末的困难和可变性而与补充蒸汽通量的任何可变性脱离。通过在开孔式泡沫中利用输入蒸汽和输出蒸汽之间从气体到固体的相变，建立和维持可控的精确的和不变的输出蒸汽通量的目标与维持来自蒸汽即时闪急汽化系统的稳定沉积速率的困难脱离。

[0088] 通过考虑有机材料净化工艺并考虑控制有机材料的汽化和分解的变量例如温度、热暴露时间、热导率、表面积、分压、总压和对流，本发明允许大大简化用于制造OLED器件的有机材料的制备和汽化。

[0089] 在本发明的实践中，沉积到三维开孔式网状结构的表面上的材料蒸汽的固体涂层厚度可优选地小于5μm。然而，优选的厚度通过沉积材料将变化。更加热稳固的材料将支持更长的热暴露时间，因此可以被涂覆到更大的厚度，以实现更长的沉积自主性。最少热稳固的材料可能只支持亚微米的厚度，以确保材料在它们被分解之前消耗。这些敏感材料是供连续蒸汽补充操作模式使用的良好候选。

[0090] 在本发明的实践中，沉积到三维开孔式网状结构的表面上的材料蒸汽的固体涂层大致是纯的。术语“大致是纯的”在本文中用来指至少99.5%的纯度和少于10PPM的卤素如氟、氯、溴。这是对OLED材料的典型溶液净化的显著改进，其可因所使用的材料和合成方法而有所不同。然而，可以相信，OLED材料的溶液净化一般限制为小于97%或98%的纯度。这看起来并不像大的数值差异，但OLED器件的性能尤其是寿命可以通过氯气浓度低至30PPM而下降10%。

[0091] 举例来说，可以用本发明进行气相沉积的OLED材料包含：TiOPC、NPB、LiQ、TcTa、Bphen、DMQA、DBQA、红荧烯、TMDBQA、Ir(ppy)3、Ir(ppy)2(acac)、Ir(mpyp)3、CBP、A1Q3、DCJTB、Ir(piq)3、Ir(piq)2(acac)、Ir(2-phq)3、Ir(2-phq)2(acac)、Ir(BT)2(acac)、DCM、F4-TCNQ、苝、并五苯。

[0092] 虽然本发明已经主要讨论了用于气相沉积OLED材料的方法，但可以气相沉积金属和陶瓷。玻璃碳是非石墨化碳的例子，这种碳甚至在3000℃和以上的温度下也无法转化成

结晶石墨(Franklin, Proc. Roy. Soc., A, 209, 196, 1951, Harris, Int. Mater. Rev., 42, 206. 1997)。除了非常高的热稳定性,其显著的性能还包含其对化学侵蚀的极端抗性:已经证实,玻璃碳在氧气、二氧化碳或水蒸汽中的氧化速率比任何其它碳的氧化速率更低((Jenkins和Kawamura, 聚合碳-碳纤维、玻璃和烧焦(剑桥:剑桥大学出版社). 1976)。它也具有对酸侵蚀的很高抗性。因此,虽然正常石墨在室温下由浓硫酸和硝酸的混合物还原成粉末,但玻璃碳即使经过数月也不受这样的处理的影响。

[0093] 玻璃碳的惰性使之成为用于熔化和汽化范围广泛的有机和无机材料(包含金属)的有用的坩埚材料。这里描述的用于可控地汽化有机材料的工艺因此可以用于可控地汽化范围广泛的汽化温度低于3000°C的材料。这个能力涵盖来自元素周期表中的大部分元素,包含来自突出用于光伏应用的第I族、第III族和第VI族的元素。可以汽化铜、铟、镓和硒以沉积CIGS,碲化镉也可以用这种方法来气相沉积,以在连续移动的基底上实现均匀的膜涂层,用于光伏器件的大量生产中。

[0094] 虽然中间气相沉积容器在本文中被描述为传导性三维开孔式网状结构,可优选地为开孔式玻璃碳泡沫,但应当理解的是,中间气相沉积容器可以以不同的方式形成。作为例子,它可由相互重叠的多层碳纤维网或格构成,以产生具有从中穿过的多个曲折流动路径的传导性开孔式三维网状结构。曲折流动路径促进气体与在受热系带或纤维周围产生的有机蒸汽的混合,并且惰性载气的流动和温度有助于控制有机蒸汽的产生速率和有机蒸汽朝向沉积目标基底的递送。

[0095] 部件清单

- [0096] 10 开孔式泡沫结构
- [0097] 11 升华提纯装置
- [0098] 12 待净化的材料
- [0099] 14 汽化装置
- [0100] 16 真空腔室
- [0101] 18 加热元件
- [0102] 20 坩埚
- [0103] 21 真空泵
- [0104] 22 凝结物收集管
- [0105] 24 压力传感器
- [0106] 26 压力控制器
- [0107] 28 支柱或系带
- [0108] 30 被凝结材料的涂层
- [0109] 32 气相沉积装置
- [0110] 34 输入管
- [0111] 36 质量流量控制器
- [0112] 38 气体加热器
- [0113] 40 输入管道
- [0114] 42 气体分配歧管或气室
- [0115] 44、45 导线

[0116]	46、48	接触件
[0117]	50	真空腔室
[0118]	52	基底保持器
[0119]	54	基底
[0120]	56	真空泵
[0121]	58	压力传感器
[0122]	60	压力控制器
[0123]	62	加热元件
[0124]	64、66	电极
[0125]	68、70	电缆引线
[0126]	72、74	兼容元件
[0127]	76、78	接触件
[0128]	80	隔离元件
[0129]	84	夹持结构
[0130]	86	热电偶
[0131]	100	气相沉积装置
[0132]	102	输入管
[0133]	104	质量流量控制器
[0134]	106	气体加热器
[0135]	108	输入管道
[0136]	110	气体分配歧管或气室
[0137]	112、113	导线
[0138]	114、116	接触件
[0139]	118	真空腔室
[0140]	120	基底保持器
[0141]	122	基底
[0142]	124	真空泵
[0143]	126	压力传感器
[0144]	128	压力控制器
[0145]	130	加热元件
[0146]	131、133	兼容元件
[0147]	132	第二开孔式泡沫结构或加热元件
[0148]	134、136	接触件
[0149]	135、137	电极
[0150]	138、139	导线
[0151]	140	气相沉积头
[0152]	142、144	电极
[0153]	146、148	兼容元件
[0154]	150	隔离元件

[0155]	152	夹持结构
[0156]	154	加热器
[0157]	300	沉积源供给头
[0158]	302	转子
[0159]	304	定子
[0160]	306	框架
[0161]	307	支撑面
[0162]	308	进给管
[0163]	309	接触件
[0164]	310	管道
[0165]	312	管道
[0166]	314	基底
[0167]	316	基底保持器
[0168]	320	多面棱柱
[0169]	322	基底保持器
[0170]	324	目标基底
[0171]	400	沉积源供给头
[0172]	402	转子
[0173]	404、406	定子部
[0174]	408	框架
[0175]	410	进给管
[0176]	412	管道
[0177]	414	管道
[0178]	416	基底
[0179]	418	基底支撑件
[0180]	420	管道
[0181]	422	管道
[0182]	500	气相沉积头
[0183]	502	进给管
[0184]	504	管道
[0185]	506	定子部
[0186]	508	管道
[0187]	510	转子
[0188]	512	基底
[0189]	514	基底保持器
[0190]	516	进给管
[0191]	518	管道
[0192]	520	定子部
[0193]	522	管道

[0194]	524	基底
[0195]	600	气相沉积装置
[0196]	602	开孔式泡沫元件
[0197]	604、606	蒸汽发生器源
[0198]	608、610	载气进口
[0199]	612、614	气流控制器
[0200]	616	蒸汽混合器
[0201]	618	稀释载气进口
[0202]	620	气流控制器
[0203]	622	气体温度控制器
[0204]	624	导管
[0205]	626	进气口管
[0206]	628	气体分配歧管或气室
[0207]	630	开孔式泡沫结构
[0208]	631	加热元件
[0209]	632、633	导线
[0210]	634、635	接触件
[0211]	636	基底保持器
[0212]	637	基底
[0213]	638	真空腔室
[0214]	639	真空泵
[0215]	640	压力传感器
[0216]	642	压力控制器
[0217]	644、646	接触件
[0218]	648、650	导线
[0219]	652	气相沉积头
[0220]	654	目标基底
[0221]	656	基底保持器
[0222]	658	沉积腔室
[0223]	660	沉积腔室
[0224]	662	真空泵
[0225]	664	压力传感器
[0226]	666	压力控制器
[0227]	668、670	电极
[0228]	672、674	兼容元件
[0229]	676	隔离元件
[0230]	678	夹持结构
[0231]	680	热电偶
[0232]	682	传感器

[0233]	684	可变的输入速率
[0234]	686	输出速率
[0235]	700	同轴沉积系统
[0236]	702	气相沉积头
[0237]	704	基底
[0238]	705	涂覆的基底
[0239]	706	传送器系统
[0240]	708	基底供给匣
[0241]	710	接收基底匣
[0242]	712	真空腔室
[0243]	714	压力传感器
[0244]	716	压力控制器
[0245]	718	真空泵
[0246]	800	同轴沉积系统
[0247]	802	气相沉积头
[0248]	804	基底
[0249]	805	涂覆的基底
[0250]	806	传送器系统
[0251]	808	基底供给辊
[0252]	810	基底接收辊
[0253]	812	真空腔室
[0254]	814	压力传感器
[0255]	816	压力控制器
[0256]	818	真空泵

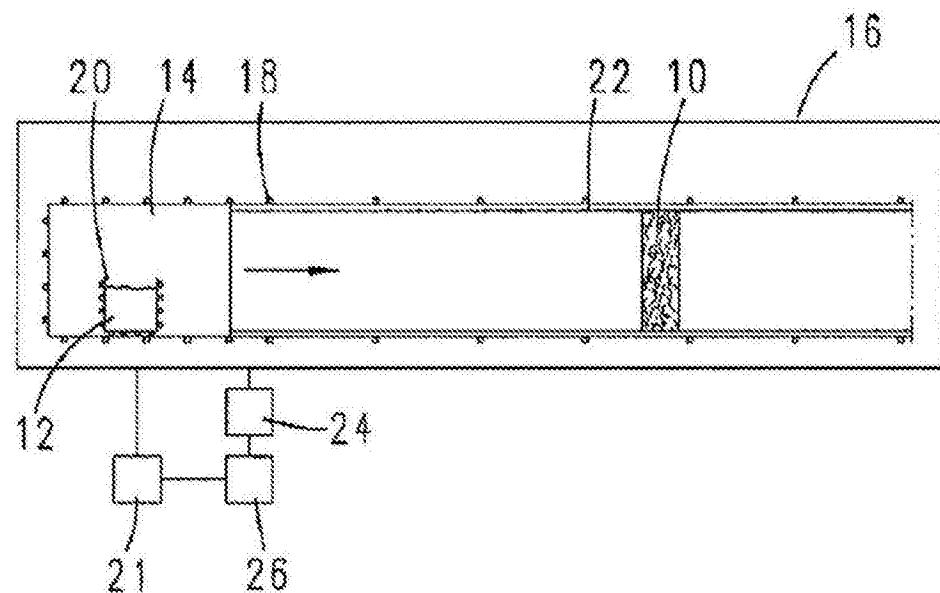


图1

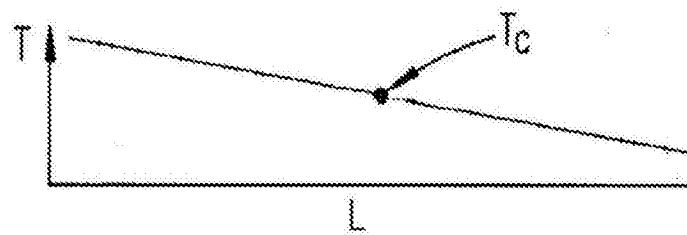


图1a

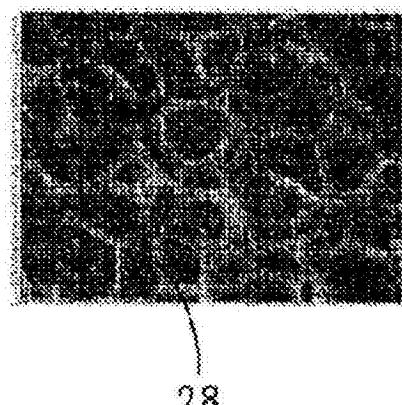


图2

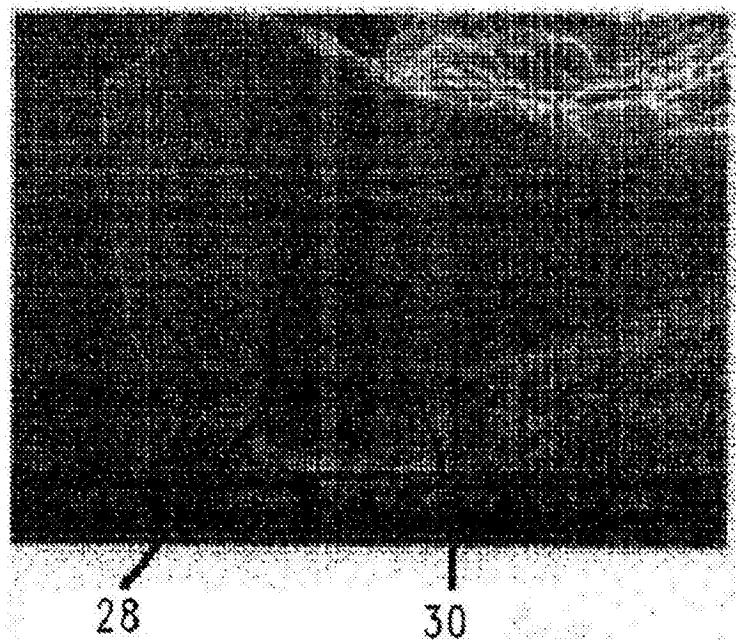


图3

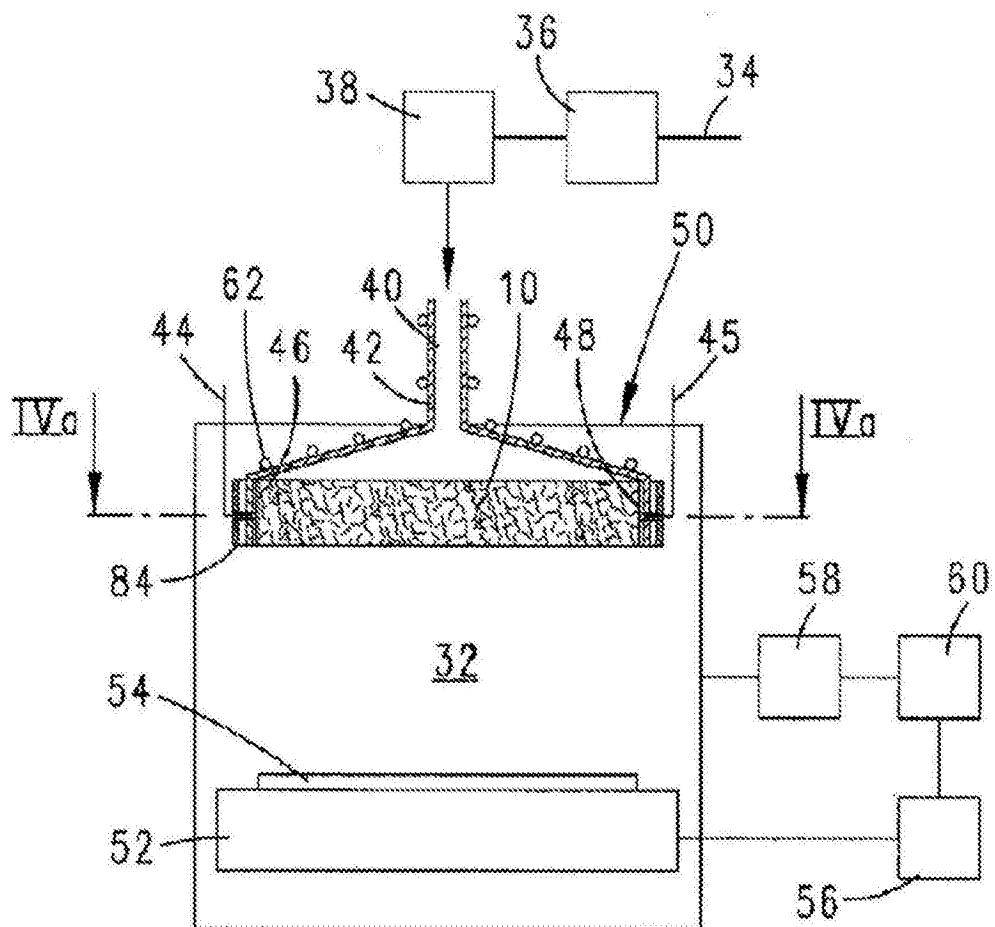


图4

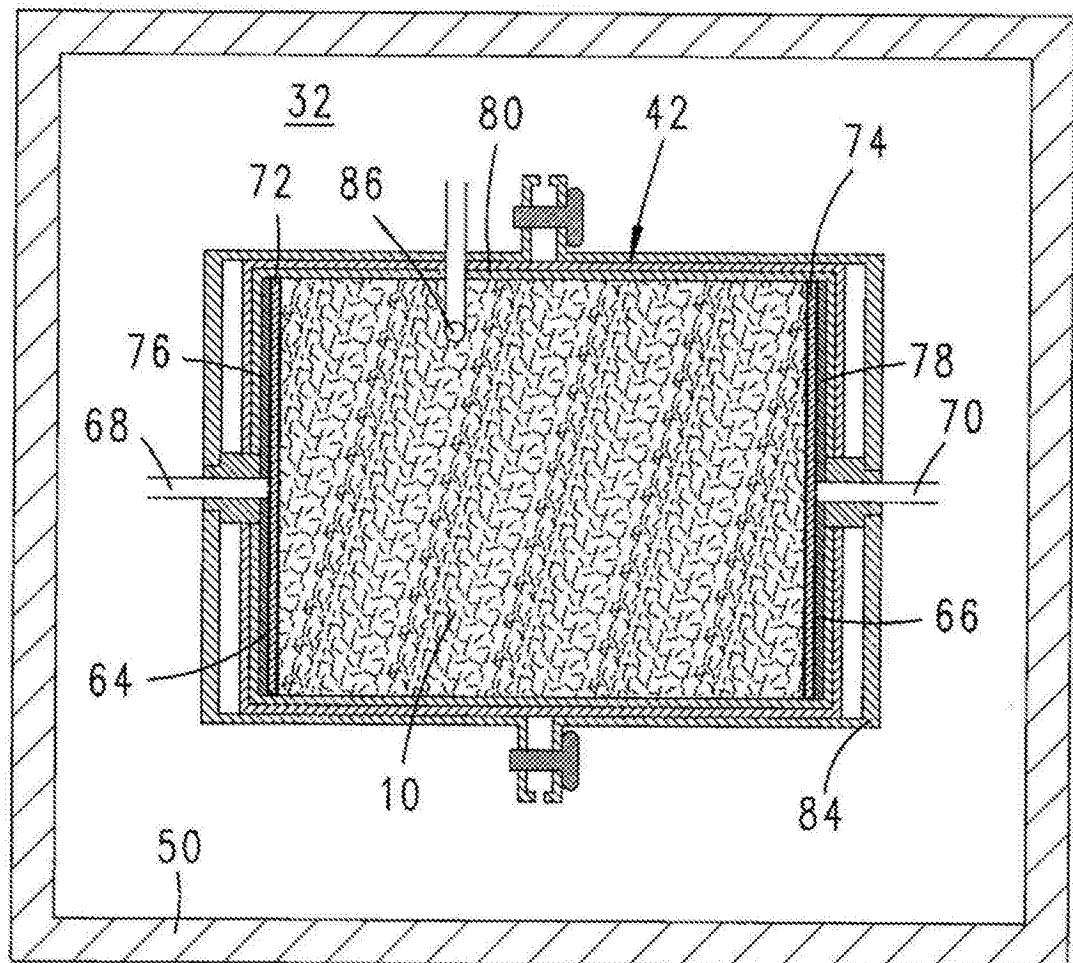


图4a

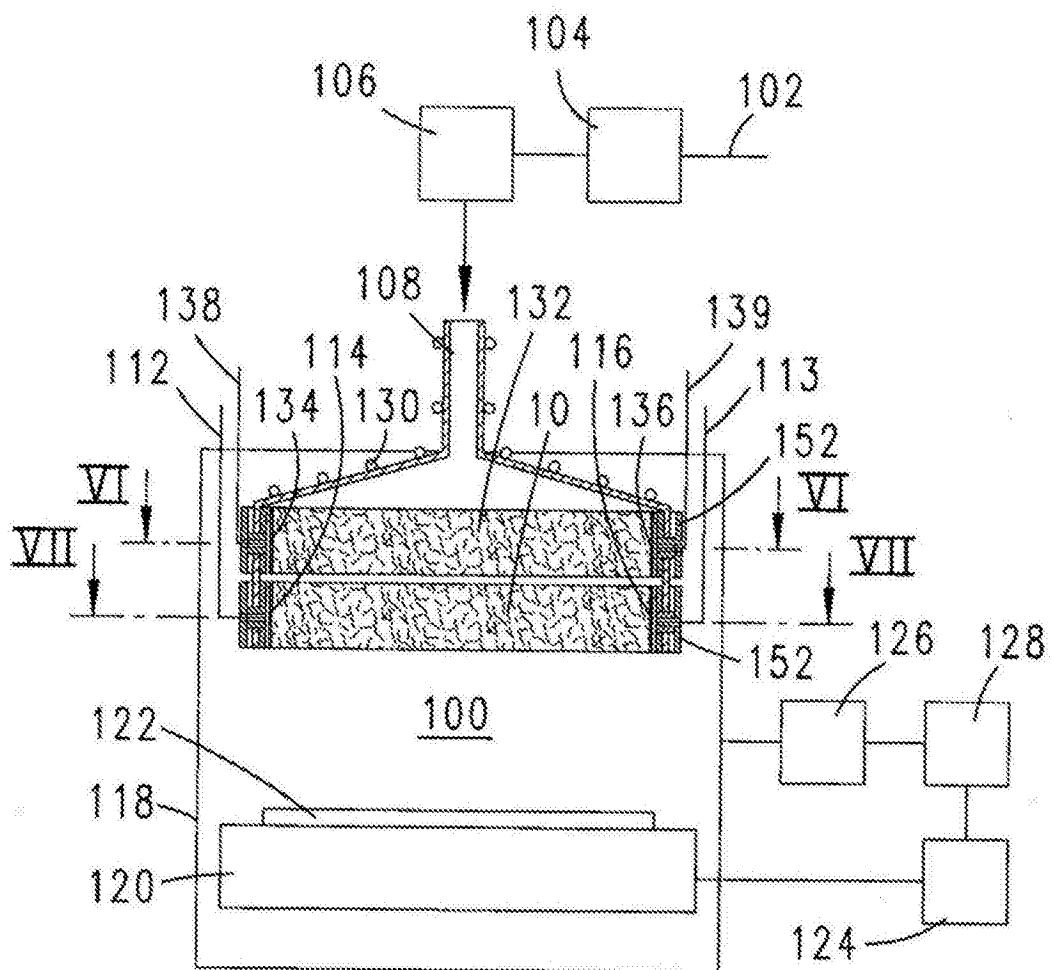


图5

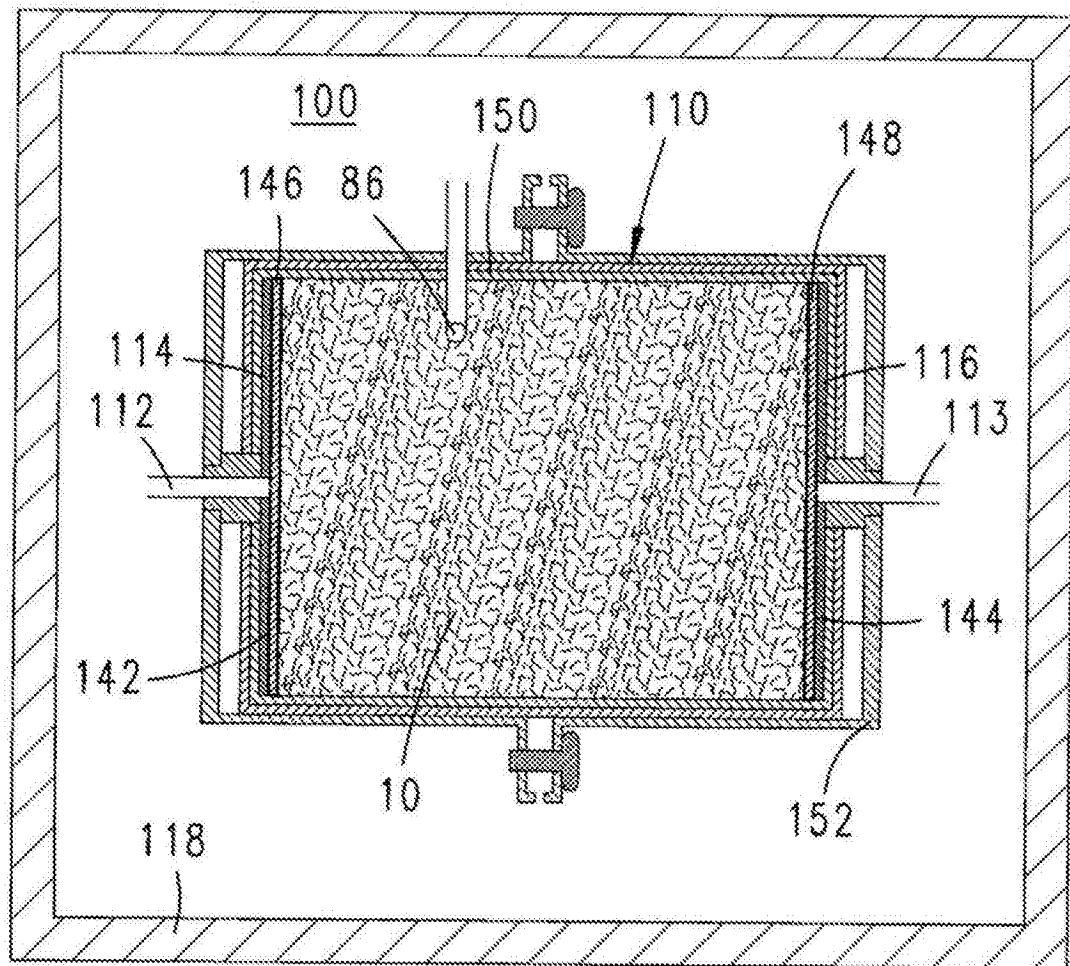


图6

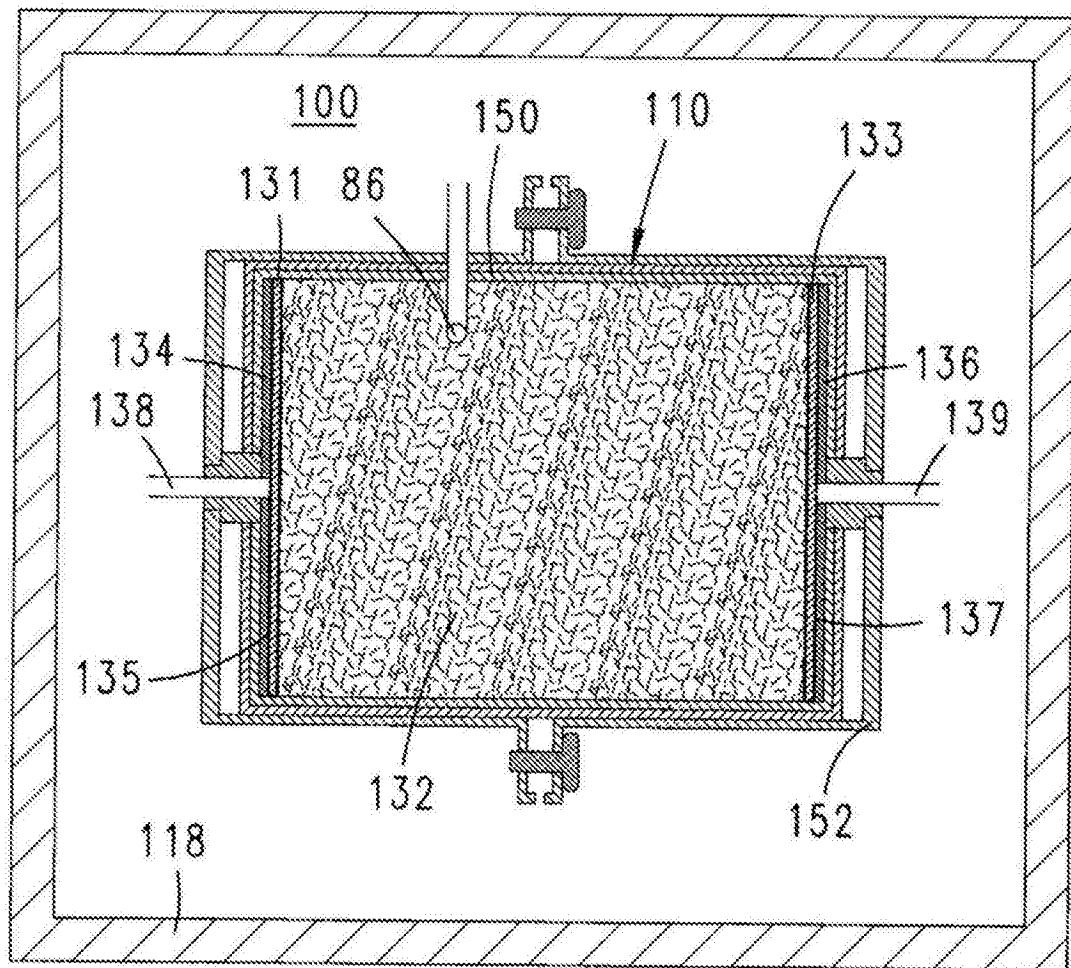


图6a

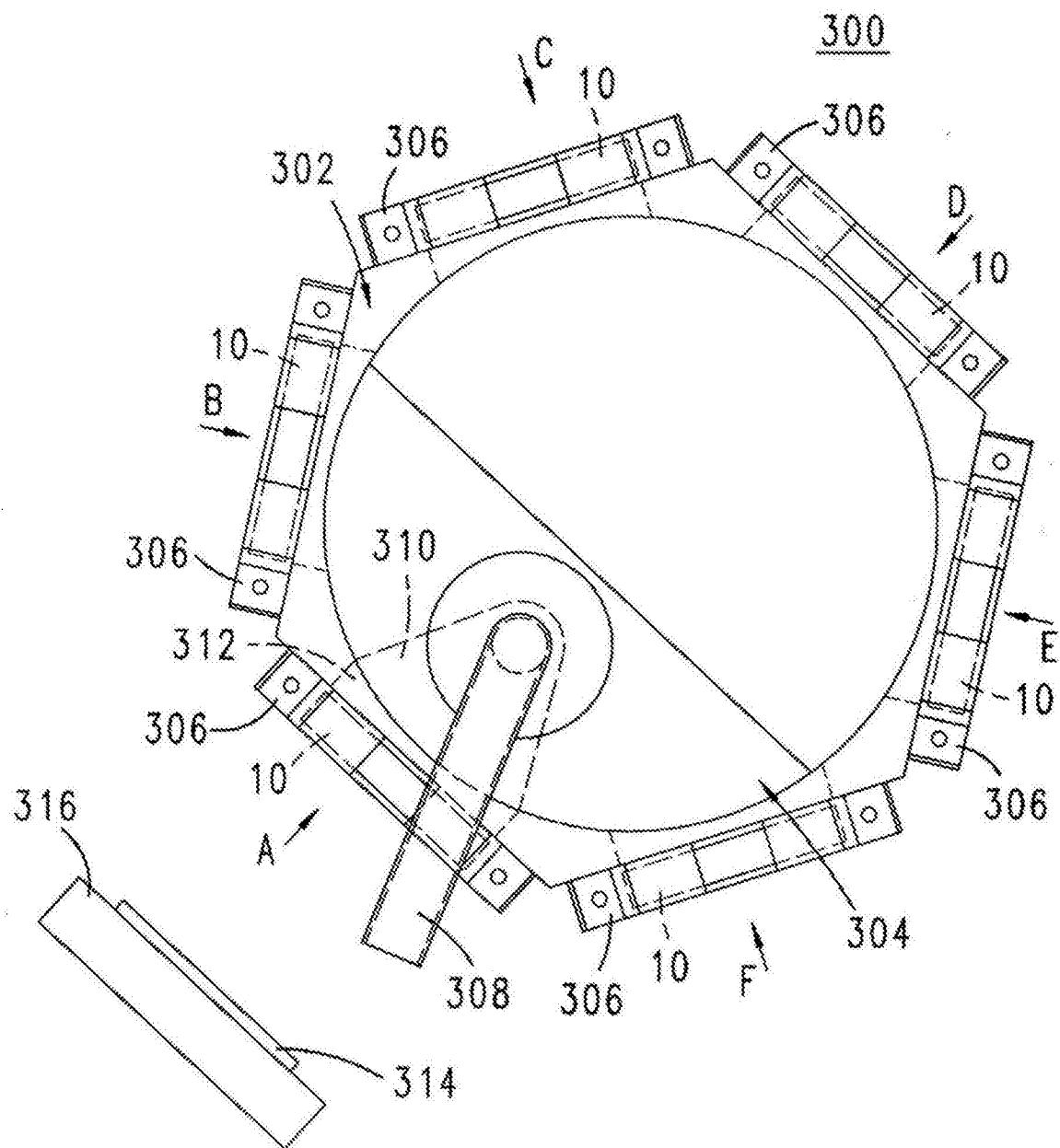


图7

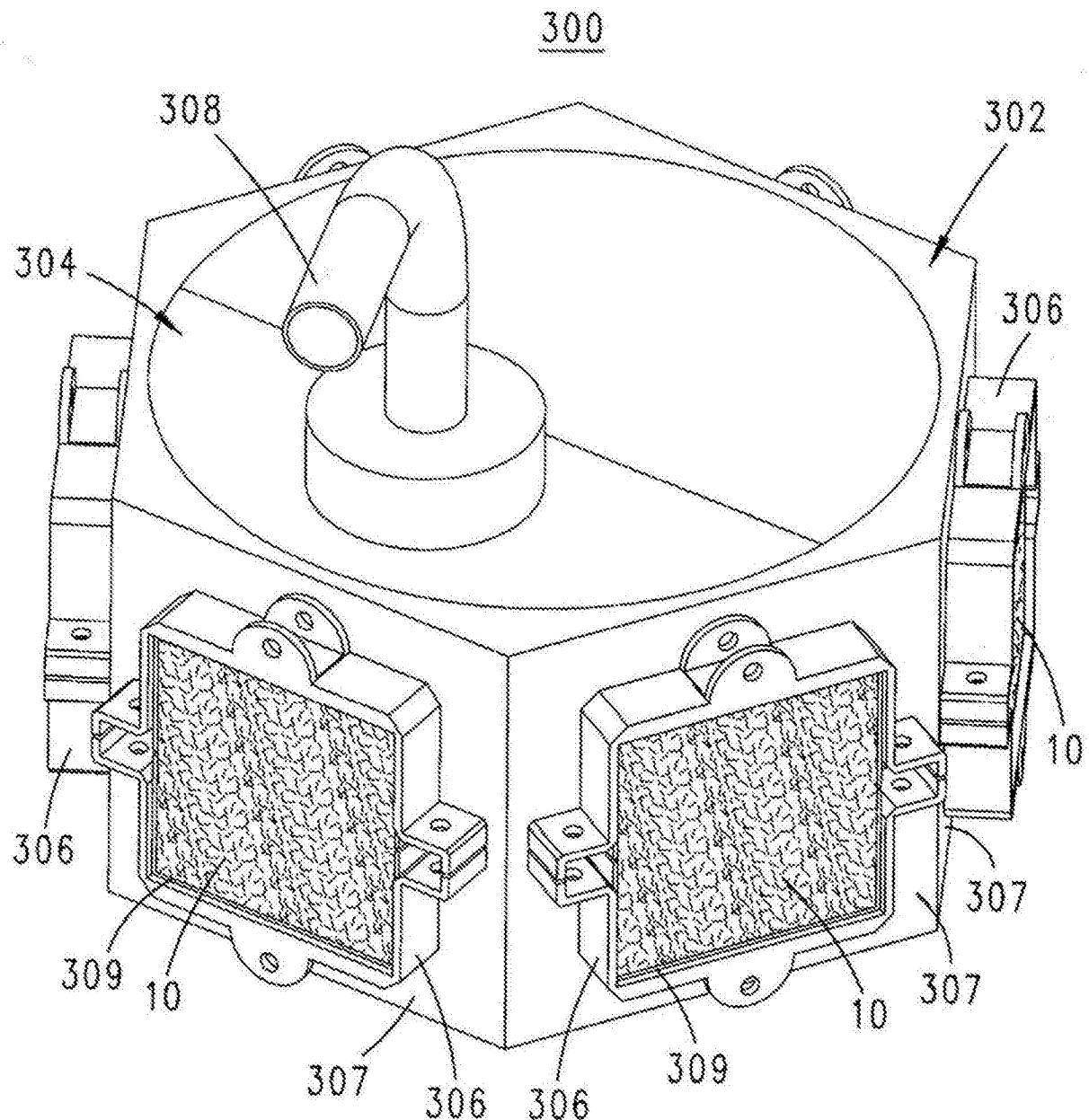


图8

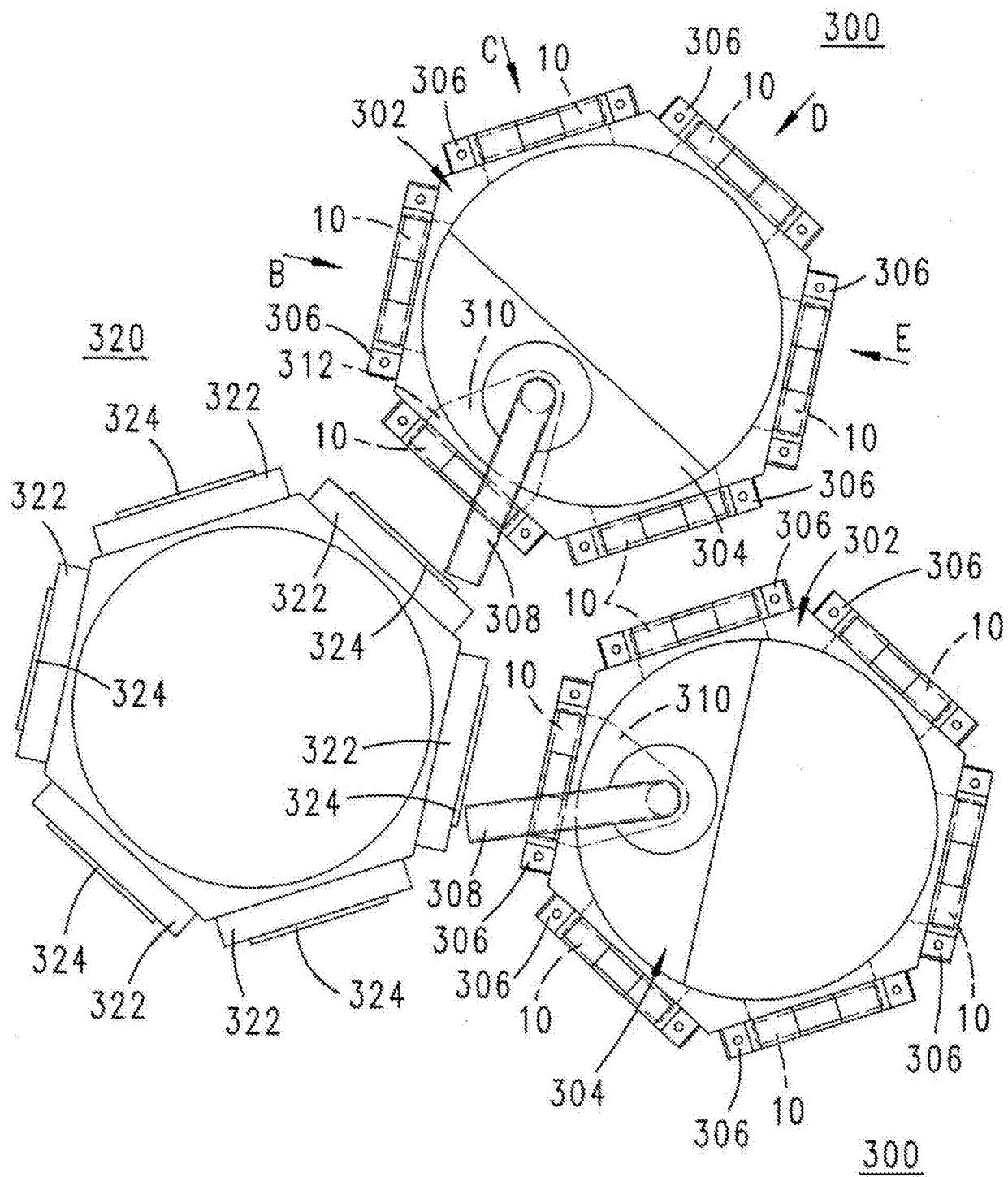


图9

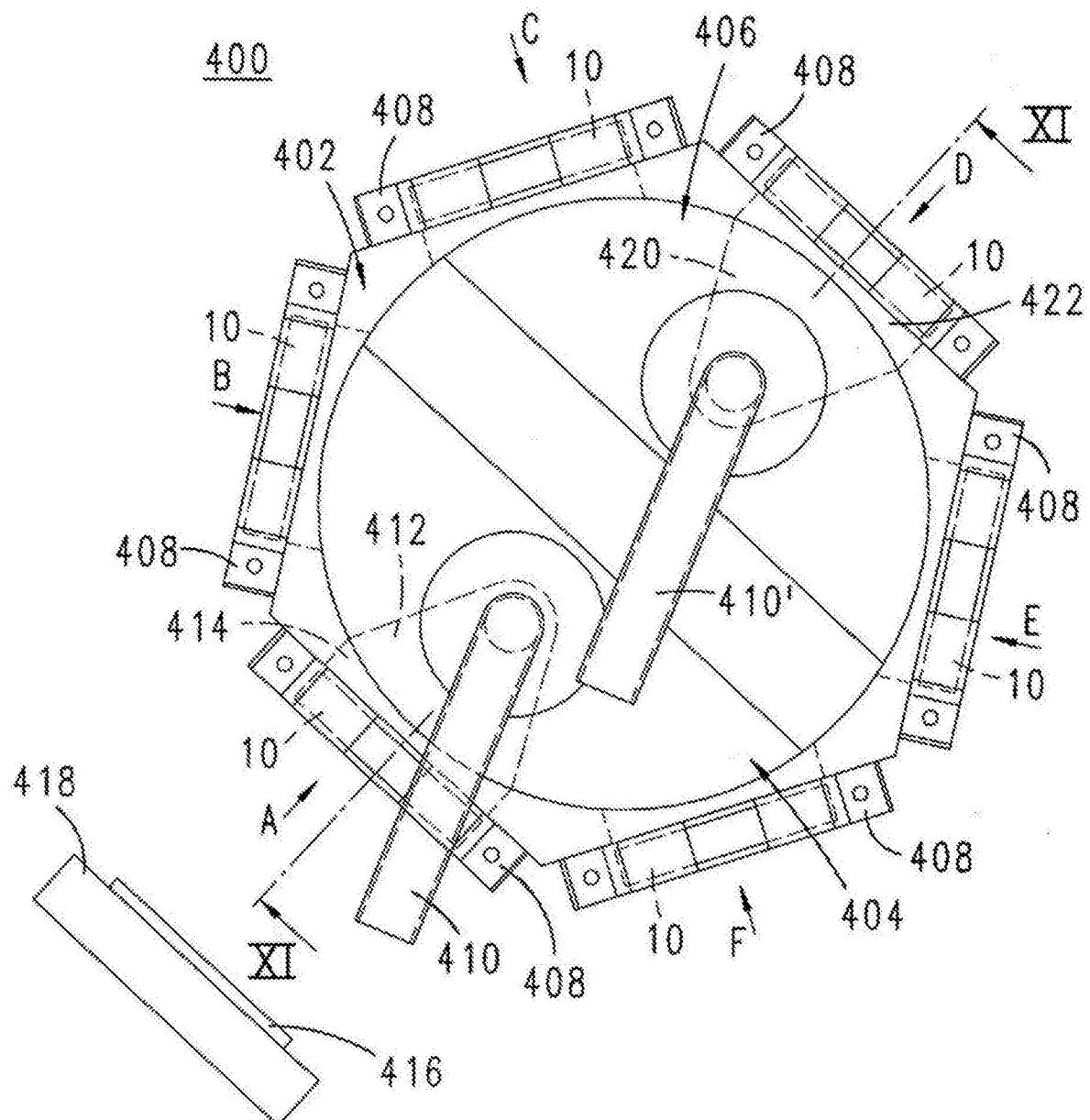


图10

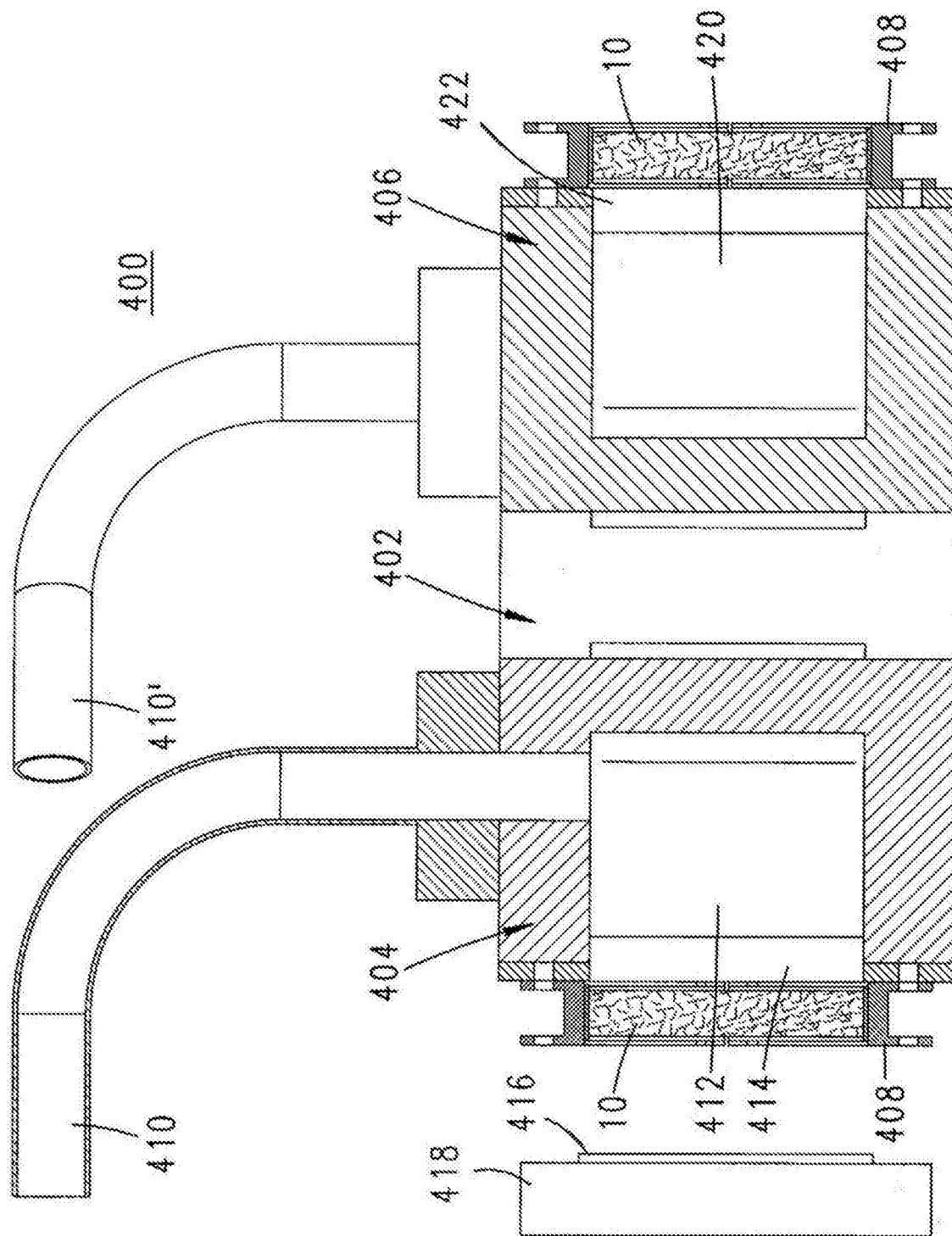


图11

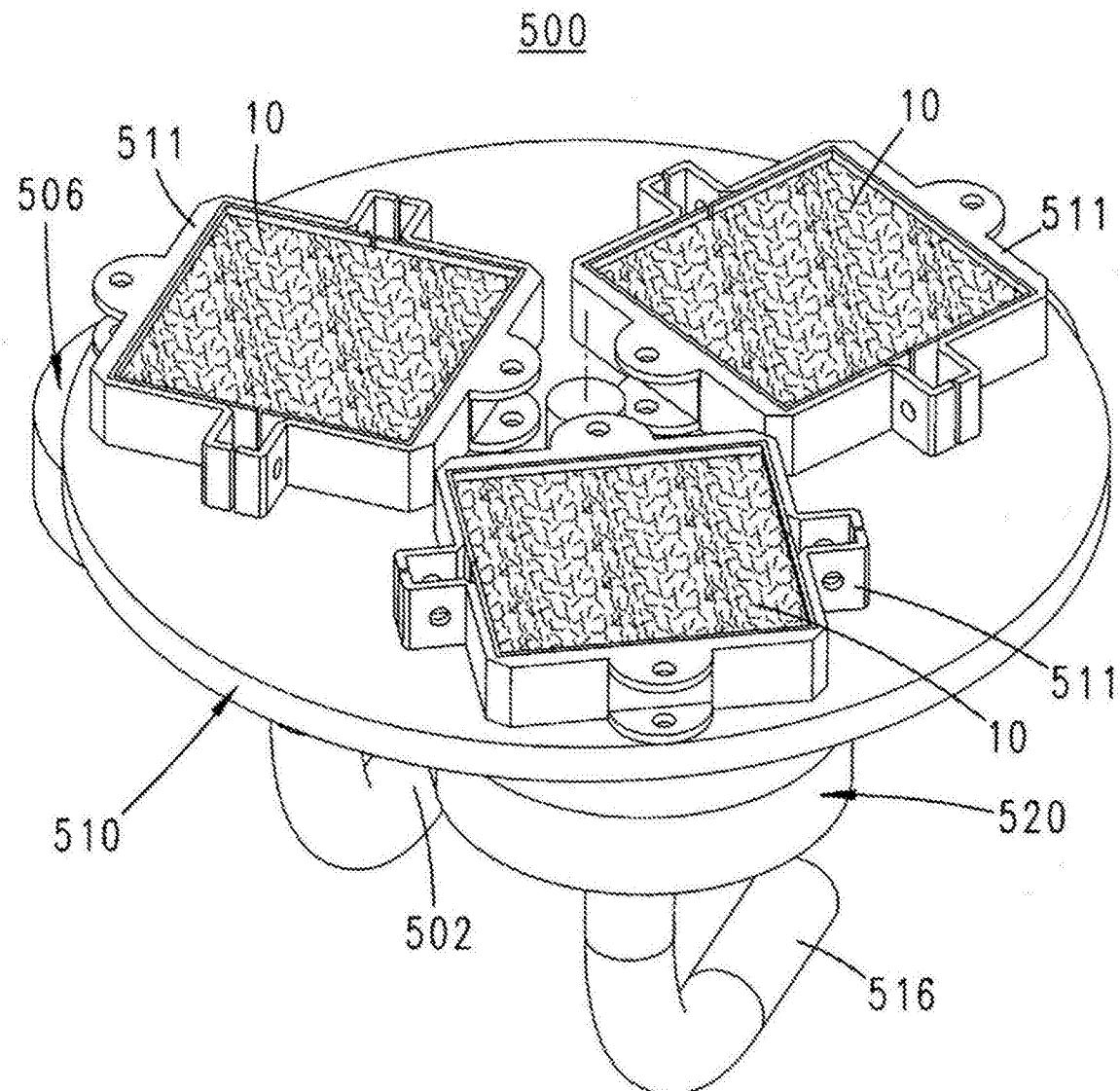


图12

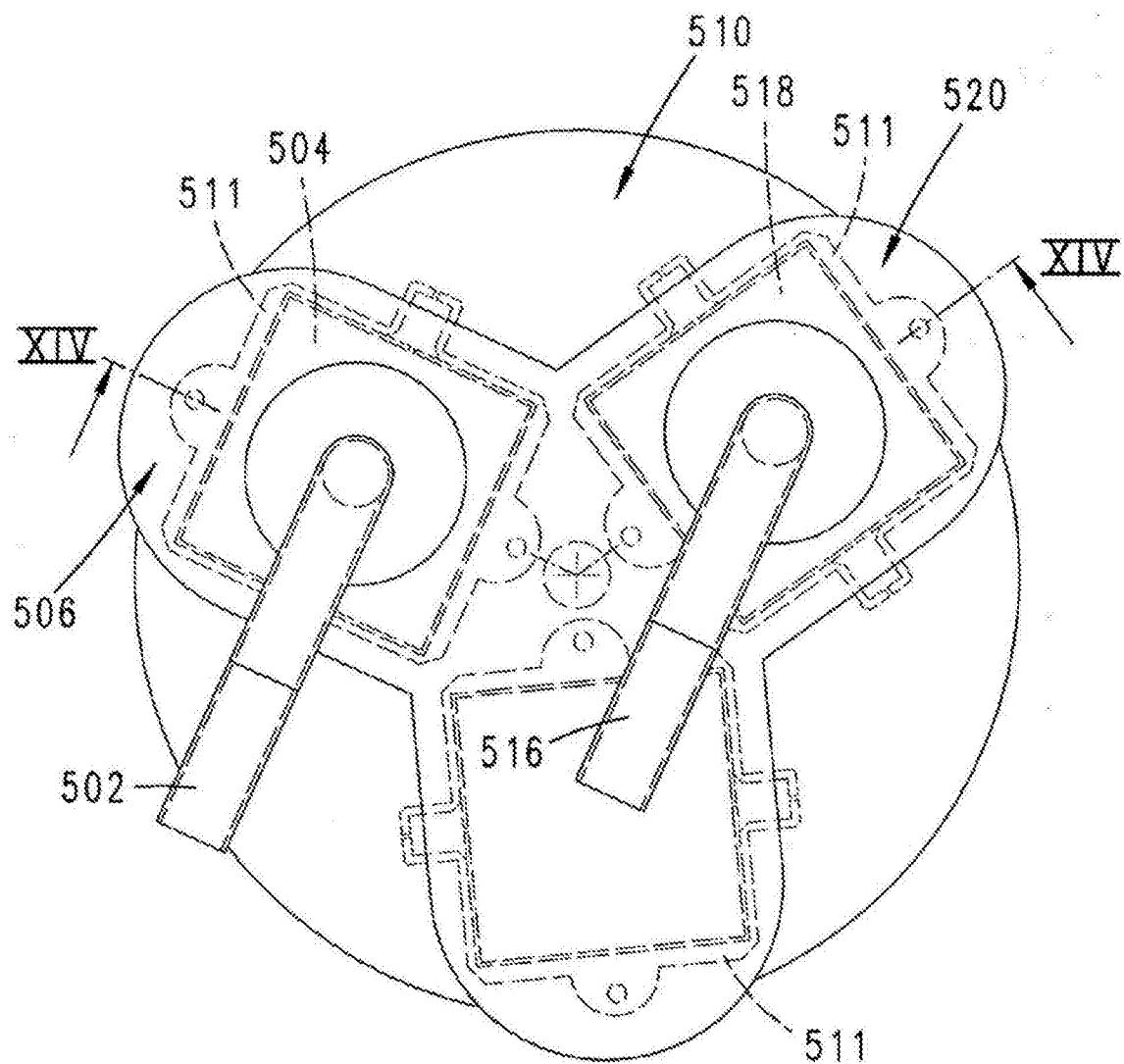


图13

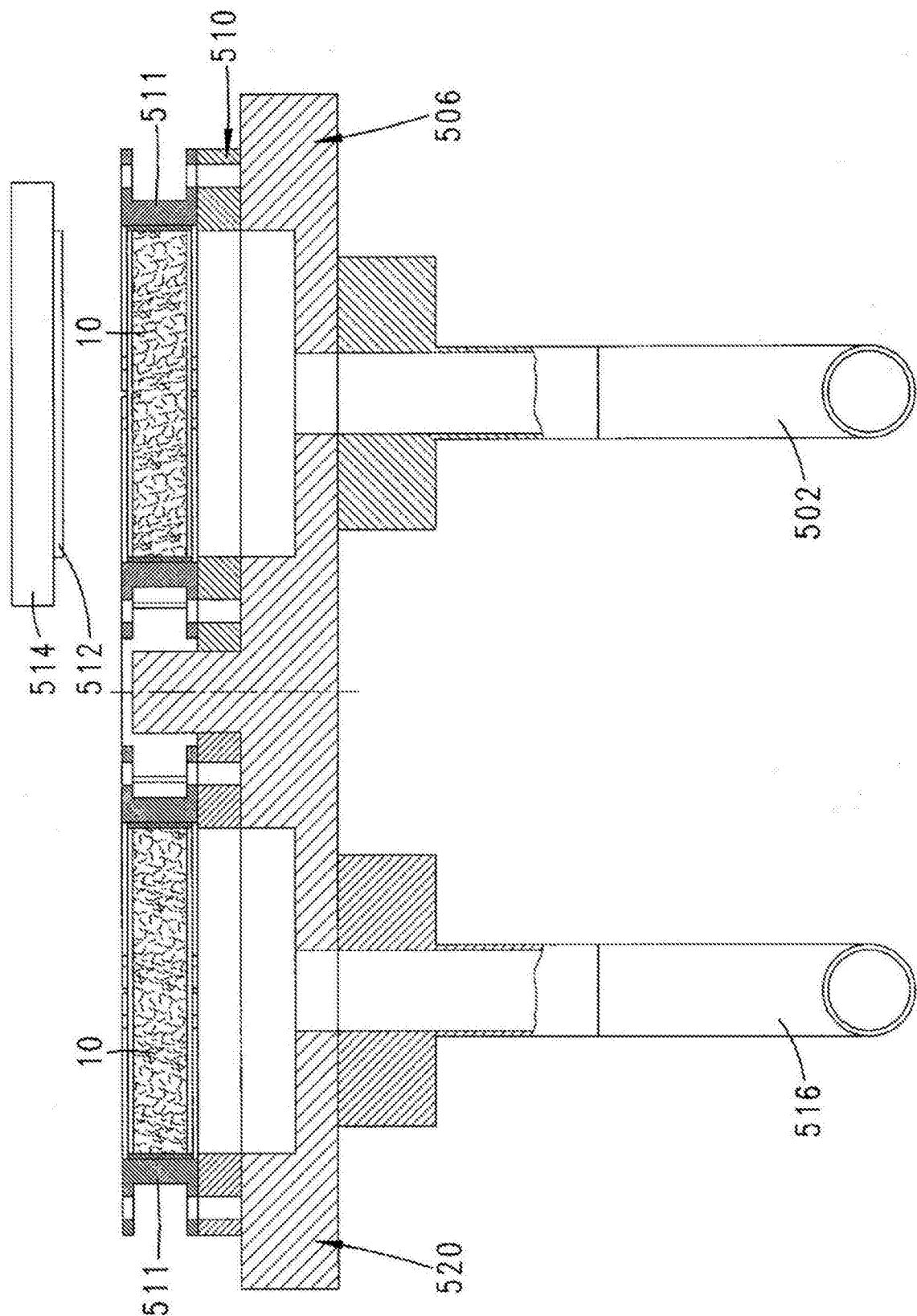


图14

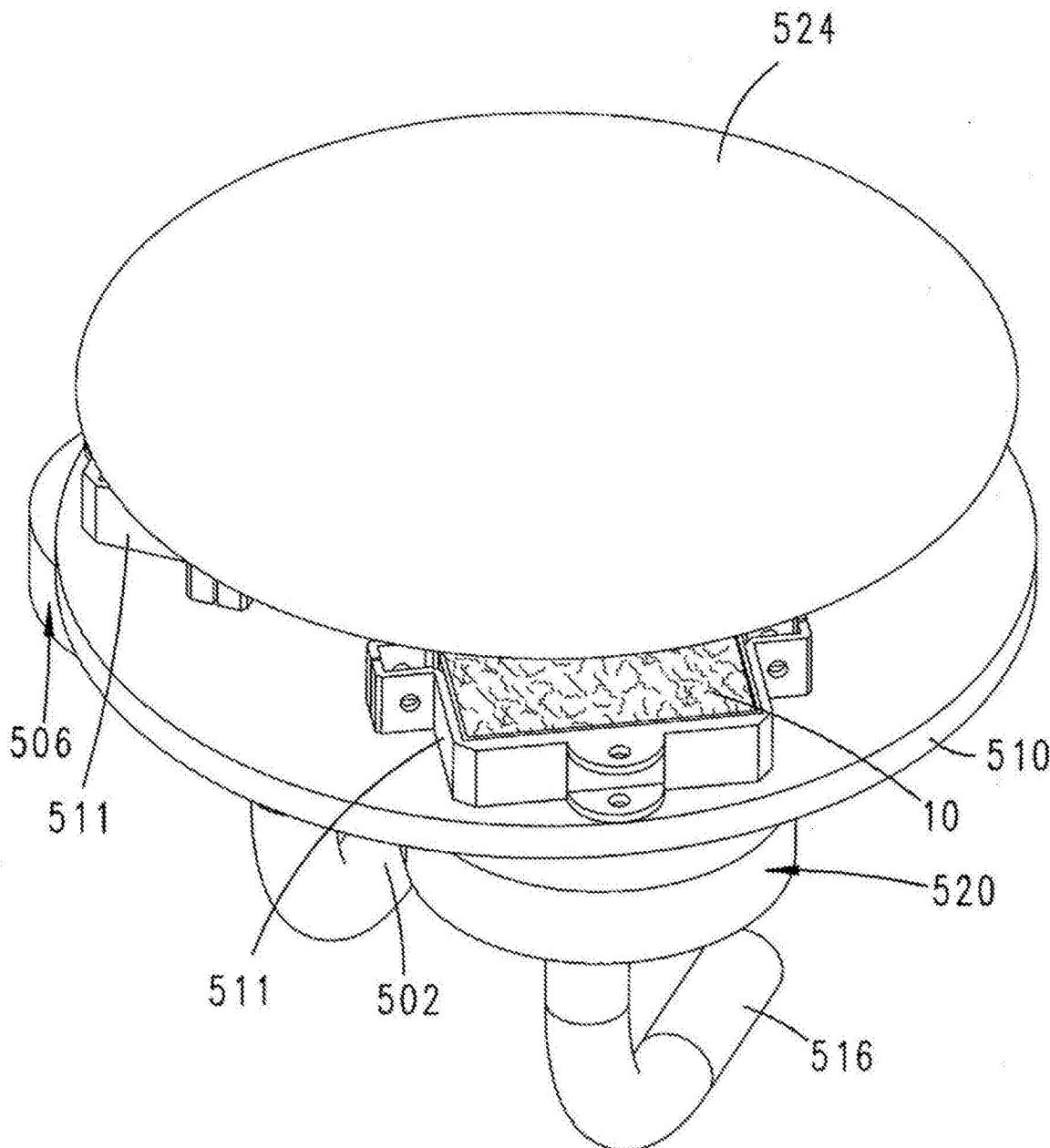


图14a

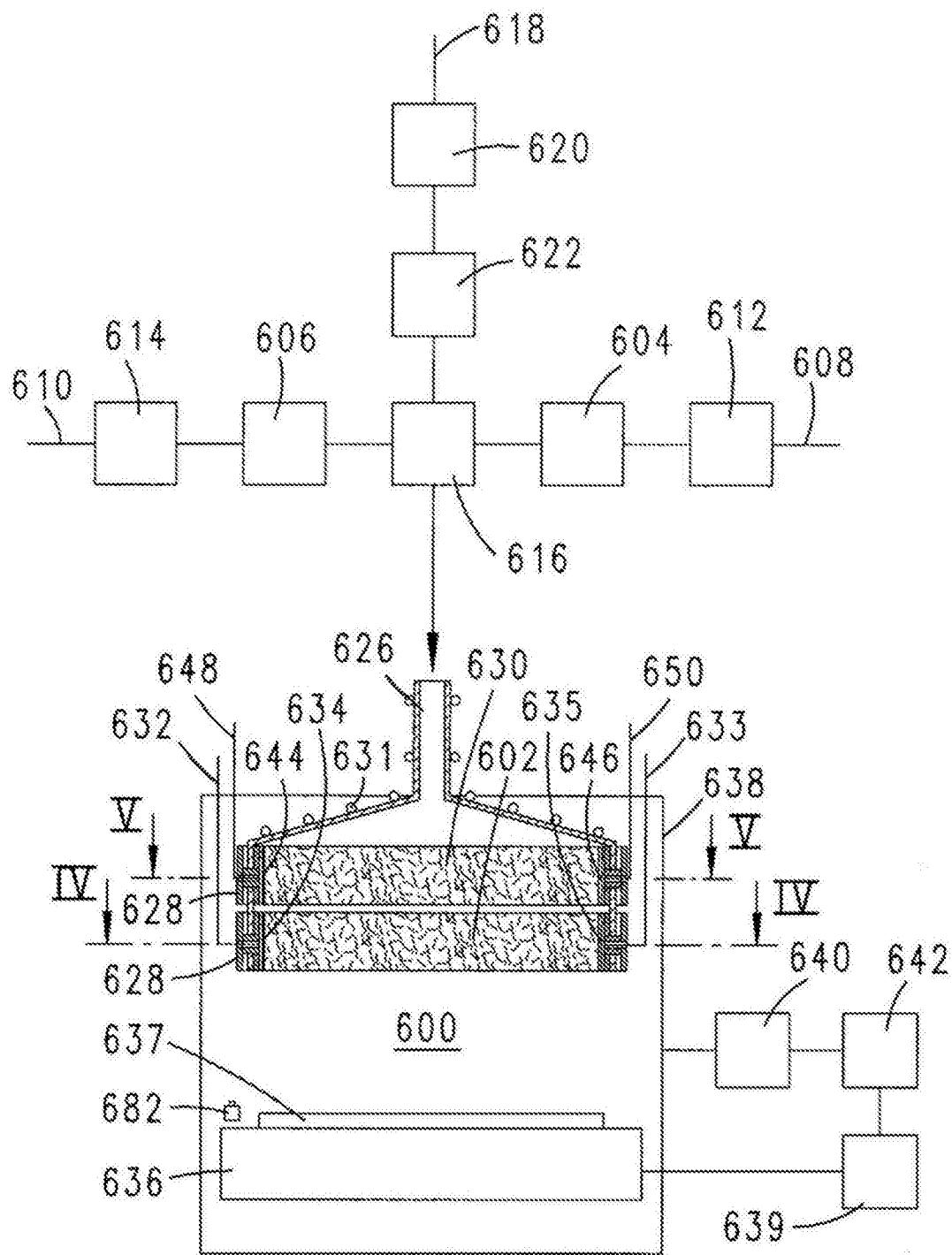


图15

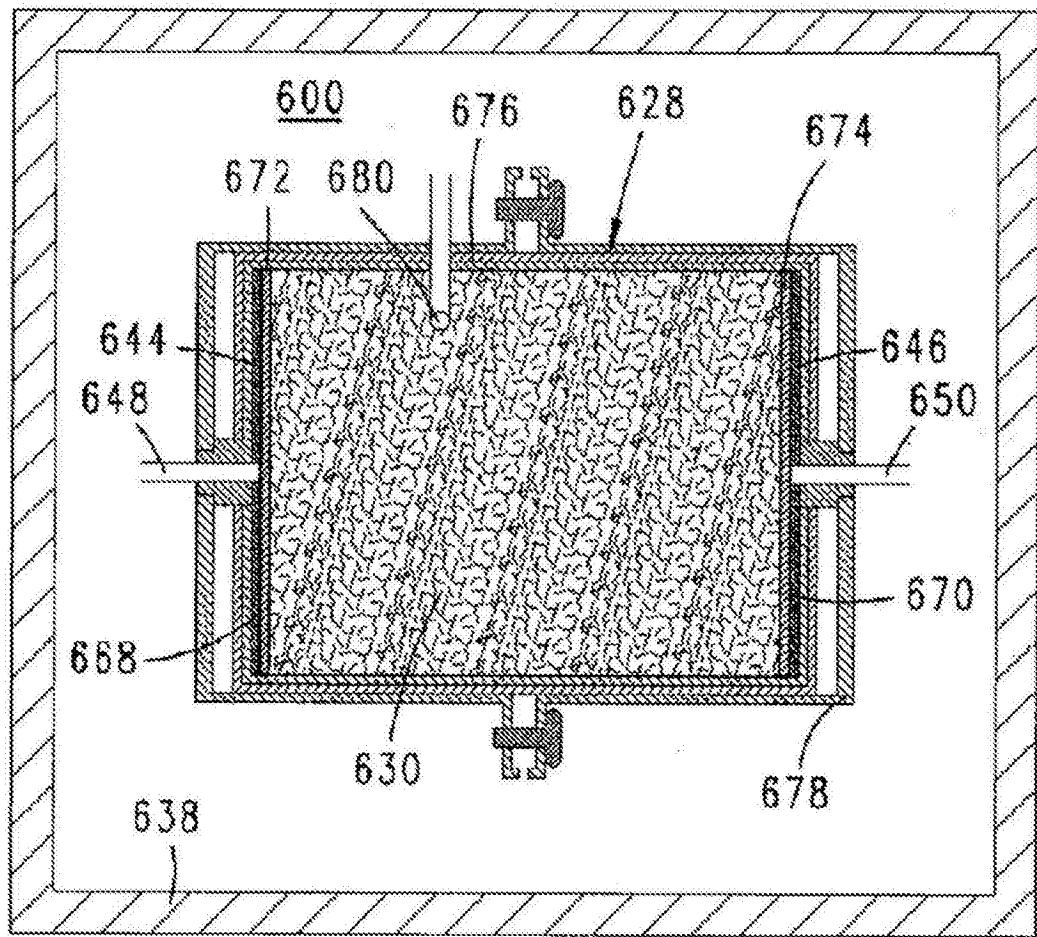


图15a

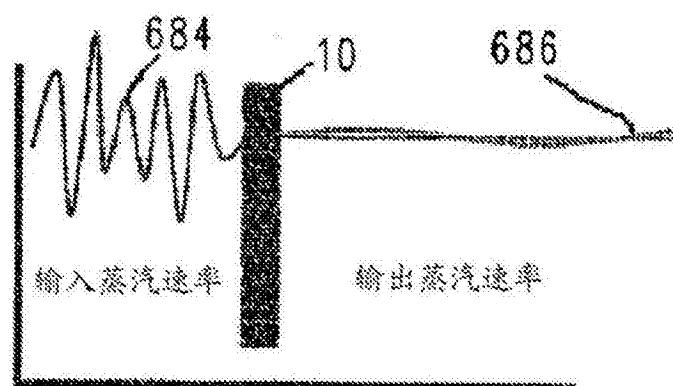


图16

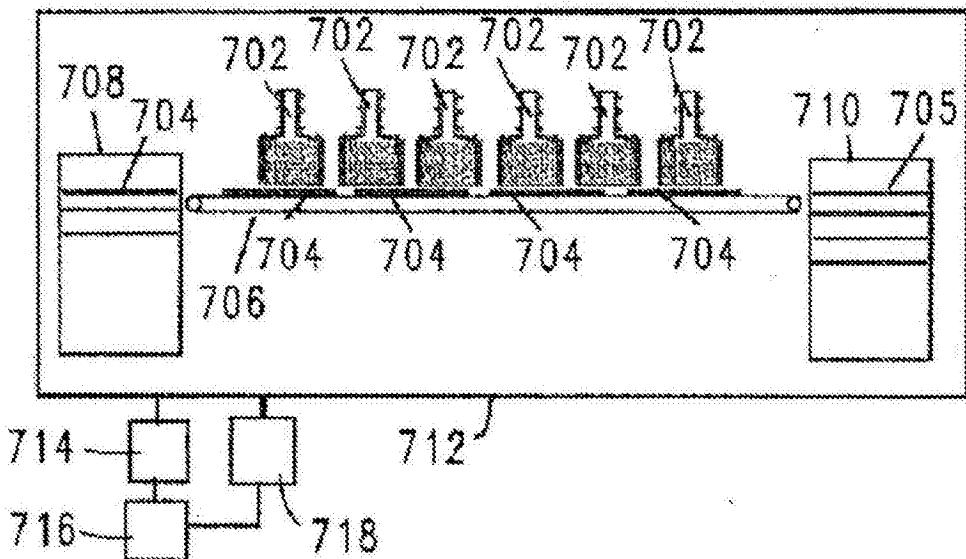


图17

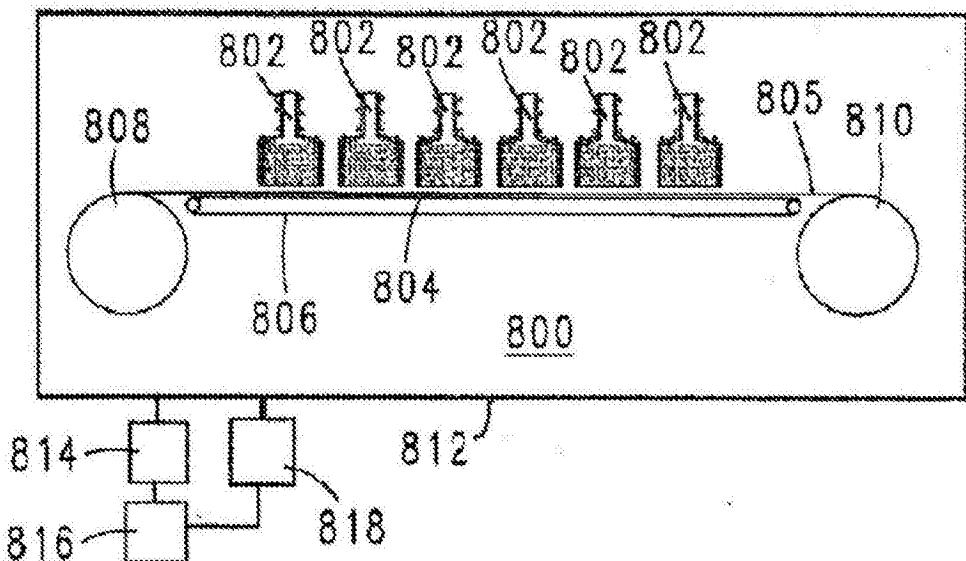


图18