



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102666072 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201080035944. 2

代理人 张荣海

(22) 申请日 2010. 07. 02

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

B29C 67/00(2006. 01)

61/270, 800 2009. 07. 06 US

12/626, 415 2009. 11. 25 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 02. 14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/040921 2010. 07. 02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/005690 EN 2011. 01. 13

(73) 专利权人 3D 系统公司

地址 美国南卡罗莱纳

(72) 发明人 K·希克森 J·赖特 O·阿桑

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所 11038

(56) 对比文件

EP 1233272 A1, 2002. 08. 21,

CN 1659479 A, 2005. 08. 24,

DE 102008008620 A1, 2008. 07. 17,

US 4669866 A, 1987. 06. 02,

审查员 许艺

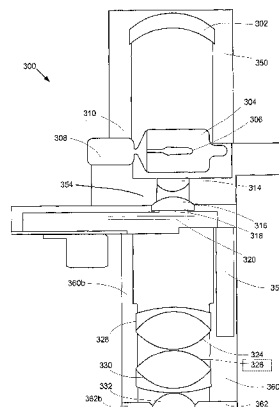
权利要求书1页 说明书13页 附图10页

(54) 发明名称

成像组件

(57) 摘要

产生适合于烧结的光束的成像组件 (300) 包括灯罩 (350), 和安装在灯罩 (350) 中的灯 (304), 所述灯包含灯丝 (306) 和灯座 (308), 其中使灯 (304) 这样定向, 以致灯座 (308) 在灯丝 (306) 的一侧。成像组件 (300) 还包含反射体 (302), 孔径 (318), 和配置成使灯丝 (306) 发出的光聚焦通过孔径 (318) 的至少一个聚光透镜 (314, 316)。成像组件 (300) 还包括一组消色差双合透镜 (324, 326), 每个消色差双合透镜 (324, 326) 包含被优化, 以聚焦 3 个波长的光的 3 个表面, 其中所述一组消色差双合透镜 (324, 326) 聚焦在包括所述 3 个波长的范围内的光。成像组件 (300) 还包含一个外透镜 (332), 其中聚焦光束通过所述外透镜 (332) 射出成像组件 (300)。



1. 一种固态成像系统,所述固态成像系统根据3D设计由可烧结粉末制造物理物体,其中所述固态成像系统包括:

成像系统,其包括:

包含光源和至少一个透镜的第一光学子系统;

包含至少一个消色差双合透镜以及外透镜的第二光学子系统,所述外透镜定位为使得所述外透镜的外表面形成所述成像系统的最外面的表面并且邻近一层可烧结粉末的;和

把所述外透镜加热到预定阈值温度或以上的温度控制系统;和

置于所述第二光学子系统的物平面中的孔径;以及

用于在所述固态成像系统内施加所述一层可烧结粉末的可烧结粉末施粉器;

其中所述第一光学子系统被配置成把来自所述光源的光聚焦到所述至少一个消色差双合透镜的入射光瞳上,并且其中在物平面的所述孔径的图像被投射到所述一层可烧结粉末上,

其中所述温度控制系统还被配置成散逸来自所述至少一个消色差双合透镜的热量,

所述成像系统还包含与所述光源关联的光源单元和与所述至少一个消色差双合透镜关联的双合透镜单元,其中所述温度控制系统保持所述光源单元低于第一预定工作温度,并且所述温度控制系统保持所述双合透镜单元低于第二预定工作温度,并且

所述成像系统还包括隔离所述双合透镜单元和光源单元的热障。

2. 按照权利要求1所述的固态成像系统,其中所述第一光学子系统和第二光学子系统与主光轴对准;并且

其中所述光源包含以所述主光轴为中心并且垂直对准所述主光轴的灯丝。

3. 按照权利要求1所述的固态成像系统,其中所述光源是卤钨灯。

4. 按照权利要求1所述的固态成像系统,还包括包含反射镜的反射体,所述反射镜被配置成沿着所述第二光学子系统的方向把来自光源的所述光反射回所述光源。

5. 按照权利要求4所述的固态成像系统,其中所述反射镜涂有选自电介质和金的材料。

6. 按照权利要求5所述的固态成像系统,其中所述电介质是宽带电介质。

7. 按照权利要求1所述的固态成像系统,其中所述预定阈值温度约为所述一层可烧结粉末的周围温度。

8. 按照权利要求1所述的固态成像系统,其中所述预定阈值温度约为所述一层可烧结粉末的熔化温度。

9. 按照权利要求1所述的固态成像系统,其中在烧结工作之前,所述温度控制系统使所述外透镜暴露于所述光源。

10. 按照权利要求1所述的固态成像系统,其中所述温度控制系统被配置成把热量从光源传导到所述外透镜。

11. 按照权利要求10所述的固态成像系统,其中所述温度控制系统被配置成把光源加热的空气引导到所述外透镜。

12. 按照权利要求11所述的固态成像系统,其中所述温度控制系统包含通过通道把加热的空气引导到所述外透镜的风扇。

13. 按照权利要求12所述的固态成像系统,其中所述空气被所述双合透镜进一步加热,从而冷却所述双合透镜。

成像组件

本申请要求2009年7月6日提交的美国临时专利申请No. 60/270,800的优先权,在此通过引用将其全部内容并入于此。

技术领域

[0001] 这里说明的本公开属于根据计算机数据文件,生成三维物体的计算机打印机的领域。更具体地说(但不限于),这里提供的本公开目的在于一种利用光学聚焦系统,热源和简单的运动系统,生成三维物体的成像系统和方法。

背景技术

[0002] 包括三维(3D)打印机和快速成型(RP)系统的固态成像系统主要用于从3D计算机辅助设计(CAD)工具,产生物体和原型零件。许多RP系统利用逐层加成式方法,通过接合液体材料、粉末材料或片材形成物理物体,构建零件。为创建各层而引用的数据是根据利用模型的薄的水平截面的CAD系统文件生成的。一般来说,各层是利用薄层的可烧结粉末构成的,通过加热,所述可烧结粉末可形成为凝聚物质。现有的利用加热,把材料连接在一起的3D打印系统通常采用高功率激光器和包含大量致动器的高精度运动系统来生成零件;结果形成对大多数家庭/业余爱好用户或者小型机械设计组来说,一般并不经济实用的3D打印机。

[0003] 美国专利No.7,261,542说明一种不需要高功率激光器或高精度运动系统的3D打印机系统,该美国专利在此整体引为参考。该3D打印机系统利用其能量被聚焦,从而提供小面积的集中加热的非相干能量源来产生逐层3D打印。

[0004] 在涉及烧结的3D打印中,所需的高温使经济实用的光学器件的实现成为问题。为在工作温度范围内使用,设计了标准光学和电气部件和材料。此外,已发现如果在烧结面附近的玻璃面降至烧结材料的熔化温度附近,那么玻璃面会聚集薄层的烧结材料,从而限制光透射。于是,必须频繁地关于可能阻挡光透射的污染物,检查位于烧结面附近的光学器件,并在需要时,清洁和维护所述光学器件。

[0005] 至少由于上述原因,需要一种供在3D打印机系统内使用的光学成像组件,所述光学成像组件能够产生烧结用聚焦光,而不积聚降低光透射的材料,并且在烧结所需的高温环境中,不需要昂贵的冷却系统或昂贵的光学元件。

发明内容

[0006] 本公开中描述的成像组件的一个或多个实施例被配置成产生适合于烧结的光束。所述成像组件包括灯罩,和灯,所述灯包含灯丝和安装在所述灯罩中的灯座。在至少一个例证实施例中,使灯这样定向,以致灯座在灯丝的一侧。虽然其它灯也适用,不过合用的灯是色温3200°K的卤钨灯。灯座与具有高热导材料,比如黑色阳极化铝的散热器耦接。灯座被保持在工作温度。散热器可暴露在强迫通风气流之下,以保持所述工作温度。在例证实施例中,所述工作温度低于350°C。

[0007] 成像组件还包括反射体和孔径。灯产生的光穿过孔径。反射体把来自灯丝的光朝着灯丝反射回去,从而反射到物平面上。反射体可以是投影灯丝的图像的反射镜。在成像组件的一个或多个实施例中,反射镜镀金,或者包括电介质带通或宽带通涂层。在一个或多个实施例中,成像组件包含与成像组件的焦平面平行的灯丝的纵轴。孔径可包括用于调整所述聚焦光束的机械快门系统。例如,包含至少一个透光孔径,和至少一个阻挡从灯发出的所述光的不透明区域的孔径盘可起机械快门系统的作用。所述至少一个透光孔径的尺寸可变化,以调整直径从约0.010英寸到0.120英寸的聚焦光束。

[0008] 至少一个聚光透镜被配置成使灯丝发出的光聚焦通过孔径。一般使聚光透镜保持在低于与灯相邻的聚光透镜的玻璃化温度的约0.6倍的温度,从而保持与灯相邻的聚光透镜的机械和光学性质。所述至少一个聚光透镜包含与灯相邻的聚光透镜和第二个聚光透镜。至少一个聚光透镜安装在具有高热导率的材料,比如黑色阳极化铝中。

[0009] 一组消色差双合透镜(每个消色差双合透镜包含3个表面)聚焦包括3个波长的范围内的光。在本公开中陈述的成像组件的一个或多个实施例中,所述3个波长至少之一高于约750nm,最好是600nm-1200nm范围中的近红外波长。所述3个波长至少之一可包括在电磁波频谱的近红外区域中的波长。消色差双合透镜安装在具有高热导率的材料,比如黑色阳极化铝中。消色差双合透镜被保持在低于以消色差双合透镜的粘合点的耐热性为基础的最大双合透镜温度的工作温度,以使能够劣化透镜的热循环降至最小。例如,在一个实施例中,成像组件内的双合透镜工作温度约为85°C。

[0010] 聚焦光束通过置于成像组件的外部的透镜射出成像组件。外透镜被保持在确定的阈值温度以上,以抑制或防止烧结材料或任何出气材料成分冷凝在透镜上。确定的阈值温度是高于3D打印机中的一层可烧结粉末的周围环境温度的温度。预定阈值温度可以可烧结材料的熔点为基础。在一个例证实施例中,烧结材料是尼龙12,从而预定阈值温度约为140°C。通过在工作之前,使外透镜暴露在来自灯的聚焦光之下,可在开始烧结工作之前,把外透镜加热到确定的阈值温度。

[0011] 在本公开中说明的成像组件的一个或多个实施例包括第一光学子系统和第二光学子系统。第一光学子系统包含在第一物平面中的灯丝。反射体反向朝着物平面对灯丝成像。在一个或多个实施例中,反射体是镀金反射镜或者宽带电介质反射镜。光继续穿过灯丝,被至少一个聚光透镜聚焦,以致光会聚到第一光学子系统的像平面上。用所述至少一个聚光透镜聚焦的光穿过孔径,进入第二光学子系统。第二光学子系统的入射光瞳可以与第一像平面一致,以使通过第二光学子系统的光达到最大。

[0012] 第二光学子系统的物平面是第一光学子系统的孔径。在第二光学子系统中,光由一组消色差双合透镜消色差地聚焦。光穿过外透镜,会聚在第二光学子系统的第二像平面上。使一层可烧结粉末与第二像平面一致,或者位于离第二像平面较小距离之处。

[0013] 成像组件的一个或多个实施例利用与灯和所述至少一个聚光透镜关联的光源单元,与所述一组消色差双合透镜关联的双合透镜单元,置于光源单元和双合透镜单元之间的热障,与外透镜关联的外部单元,和用低热导率材料构成的外部底座。引导强迫通风气流416通过双合透镜单元,热障和/或光源单元,以致强迫通风气流416冷却成像组件的至少一个元件。视情况,在通过光源单元之后,把强迫通风气流416引导到外部单元,以加热外部单元。强迫通风气流416可用风扇产生。成像组件可包括强迫通风气流416穿过的至少一个通

道。

[0014] 成像组件具有包括灯和至少一个聚光透镜的光源单元,包括一组消色差双合透镜的双合透镜单元,置于光源单元和双合透镜单元之间的热障,及包含外部透镜和用低热导率材料构成的外部底座的外部单元。引导强迫通风气流越过双合透镜单元,光源单元和外部单元至少之一,以保持成像组件的至少一个元件的温度。热障包含孔径,其中至少一个聚光透镜被配置成使从灯产生的光聚焦通过所述孔径。聚焦的光束通过外透镜射出成像组件。

附图说明

[0015] 根据结合下述附图给出的下述更详细说明,这里说明的系统和方法的上述及其它方面、特征和优点将更明显,其中:

[0016] 图1是成像组件的例证实施例的顶视图。

[0017] 图2是可和成像组件的实施例一起用于烧结的例证3维打印机的等距视图。

[0018] 图3是沿着图1的A-A线的成像组件的例证实施例的横截面视图。

[0019] 图4是沿着图1的A-A线的成像组件的例证实施例的横截面视图。

[0020] 图5是可和成像组件的实施例一起用于烧结的例证3维打印机的侧视图。

[0021] 图6A-6B是说明可和成像组件的实施例一起使用的3D打印机的操作的示意图。

[0022] 图7A-7C是说明可和成像组件的实施例一起使用的施粉器的操作的示意图。

[0023] 图8A-8B是成像组件的例证实施例的两个光学系统的光线追踪。

[0024] 图9A-E是说明成像组件的实施例中的优化的点扩散函数的示图。

[0025] 图10是可和成像组件的实施例一起使用的孔径盘的例证实施例的顶视图。

具体实施方式

[0026] 现在说明成像组件。在下面的例证说明中,陈述了众多的具体细节,以便更充分地理解本发明的实施例。不过,对本领域的普通技术人员来说,显然可在不结合这里说明的所有各个方面的具体细节的情况下,实践在本公开中说明的系统和方法。在其它情况下,为了不模糊创新点,将不详细说明本领域的普通技术人员公知或者易于弄清的具体特征、数量或测量。读者应注意,虽然这里陈述了用于实现本发明的一个或多个方面的系统和方法的例子,不过本发明的范围由权利要求及任何等同物限定。

[0027] 图1图解说明成像组件300的一个或多个实施例的顶视图。图3图解说明沿图1的线A-A获得的成像组件300的截面图。成像组件300提供聚焦到目标烧结介质的光束。成像组件位于离所述目标烧结介质足够距离的位置,以避免与烧结介质接触成像组件300的玻璃面相关的可能问题。在这里说明的实现的一个例子中,成像组件位于离目标烧结介质约0.18英寸的位置。

[0028] 成像组件300包括灯罩350。灯304放置在灯罩350中。灯304一般是卤钨灯。卤钨灯提供宽带热源,所述宽带热源允许使用未被调整为专门吸收特定波长的光的便宜打印介质。所述卤钨灯可从Danvers, Mass.的Sylvania获得,不过可以使用许多其它热源,包括钨灯和弧光灯。在一个例子中,使用色温3200K的EML型24V 185W卤钨灯。

[0029] 灯304包含灯座308和灯丝306。灯304一般是这样定向的,以致灯座308被置于灯丝

306的一侧,从而减少灯座308通过自由对流热传递的加热。可靠性测试已表明诸如3D打印机之类的加热环境会损坏灯304,包括卤钨灯。具体地说,灯的“收缩”部分和相邻的陶瓷灯座达到在适用规范中规定的工作极限之上。对在成像组件300的实施例中使用的卤钨灯(ANSI命名的EML型卤钨灯)来说,灯座不能超过350℃。

[0030] 灯座308与灯散热器310耦接,灯散热器310提供离开灯座308的传导热传递路径。灯散热器310可包含由铝、铜、合金或者适合于用作散逸热量的散热体的任何其它材料构成的较大散热体。在成像组件300的实施例中,灯散热器310包含增大灯散热器310的暴露表面积有条、孔、突起的阵列或其它结构,从而增大热散逸速率。在成像组件300的实施例中,灯散热器310还起成像组件300的结构元件的作用。例如,灯散热器310可包含集成到灯罩350中的一系列结构件。另外,可在灯散热器310的至少一部分之上,或者穿过所述至少一部分进行强迫通风,从而进一步提高热散逸速率。

[0031] 灯罩350一般由高导热材料,比如黑色阳极化铝构成,把外来光以热的形式消散到成像组件300之外,从而把成像组件300内的温度保持在可接受的水平。灯罩350可包含增大灯罩350的暴露表面积有条、孔、突起的阵列或其它结构,从而增大热散逸速率。另外,可在灯罩350的至少一部分之上,或者穿过所述至少一部分进行强迫通风,从而进一步提高热散逸速率。

[0032] 灯罩350包括反射体302。反射体302反射灯304产生的光。反射体302包含由反光材料,比如镜子、金属、箔片、反光涂料或者任何其它反光材料构成或者涂覆所述反光材料的凸反射面。例如,反射体302可包含金膜或者宽带电介质膜。反射体302可结合到灯罩350的表面中。最佳地布置反射体302和灯304,以使成像组件300产生的聚焦光束的能量最大化。反射体302包含通常以灯丝306为中心的弯曲部分。反射体302被配置成回(back through)成像灯丝306,以便为额外功率传输增大有效填充因子。在一个实施例中,灯丝306包含约50%的开放空间,穿过所述开放空间,反射体302反射光。

[0033] 成像组件300还利用至少一个聚光透镜。图3中所示的成像组件300的实施例包含与灯相邻的聚光透镜314和聚光透镜316。聚光透镜314,316使灯304产生的光聚焦通过孔径318。可靠性测试已表明如果聚光透镜314,316未被保持在稳定的较低温度,那么与灯相邻的聚光透镜314,316会因热冲击而破裂。可以选择聚光透镜314,316,以抗高温。在一个实施例中,聚光透镜314由S-LAH64类玻璃制成,聚光透镜316由N-BK7类玻璃制成。至少一个聚光透镜可涂覆有抗反射涂层,比如有效范围为650-1050nm的Thor Labs`B`宽带抗反射涂层。

[0034] 聚光透镜314,316安装在诸如聚光器散热器354之类的散热体中。聚光器散热器354可包括由铝、铜、合金或者适合于用作散逸热量的散热体的任何其它材料构成的较大散热体。聚光器散热器354包含增大聚光器散热器354的暴露表面积有条、孔、突起的阵列或其它结构,从而增大热散逸速率。另外,可在聚光器散热器354的至少一部分之上,或者穿过所述至少一部分进行强迫通风,从而进一步提高热散逸速率。

[0035] 聚光透镜314,316使灯304产生的光聚焦通过孔径318。孔径318被布置成以致灯丝306大体上横跨整个孔径318。在一个或多个实施例中,孔径318可变化,以调整成像组件300产生的聚焦光束的大小,从而提供一种通过改变光束大小实现的变更绘图速度和分辨率的低成本方法。成像组件300的实施例包括通过关闭孔径318,有效地阻断聚焦光束的快门装置。

[0036] 包括在成像组件300中的孔径盘320提供机械改变孔径的装置和机械快门系统。孔径盘320包含用于改变光束大小和形状的多个不同大小的孔径,和阻挡光束的多个不透明区域。诸如步进电动机之类的电动机可驱动孔径盘320,以致可把开孔或不透明区域置于来自灯304的光的光路中。如果选择开孔,那么光通过剩余的透镜,在成像组件之外,在可烧结粉末层上产生聚焦光斑。如果选择不透明区域,那么不允许光射出烧结设备,而是被烧结设备300的热质吸收。虽然图3中所示的孔径系统包含孔径318和孔径盘320,不过包含孔径和可按适合于烧结的速度工作的快门装置的任何系统可以和成像组件300一起使用。

[0037] 在成像组件300的实施例中,电动机被配置成以致孔径盘320能够在在所谓的“快门开闭”过程中,在打开状态(使光透过孔径的状态)和关闭状态(使光被孔径盘的不透明部分阻挡的状态)之间快速交替。这种方式的快门开闭可用于3D打印中的许多方法。在利用诸如卤钨灯之类光源的低成本成像器中,经济实用的机械快门开闭实现是合意的,在没有机械快门的情况下,诸如卤钨灯之类的光源不能被足够快速地开关,以实现快门开闭。本领域的普通技术人员会认识到,虽然在图3中所示的实施例中图解说明的是孔径盘,不过,可以使用其它机械快门系统来实现基本相同的任务。

[0038] 在一个或多个实施例中,为孔径318设置一个范围,以致整个范围能够输送足以满足烧结的能量。通过改变孔径318,变更光斑大小可提供一种独特的在使成像组件300的大小和成本降至最低的同时,变更绘图速度和分辨率的低成本方法。通过选择较小或较大的孔径,能够从约0.010英寸到0.120英寸,调整成像组件300产生的聚焦光斑尺寸。虽然一般使用圆形孔径,从而产生圆形聚焦光斑,不过可以使用另外的开孔形状,以便为特殊应用变更聚焦光斑的形状。孔径盘320可包括包含进一步集中来自灯304的光,从而产生更小光斑的旋转抛物面或者复合旋转抛物面(例如Winston锥面)的开孔。

[0039] 图10中详细图解说明孔径盘320的一个实施例。孔径盘320包含至少一个透光孔径1001-1003。透光孔径1001-1003可包含任何透光材料,比如透明玻璃或塑料。透光孔径1001-1003还可包含构成孔径盘320的材料中的间隙或孔穴。透光孔径1001-1003可被加工成形,以影响在烧结面上产生的图像的形状。例如,透光孔径1001-1003可以是圆形,正方形,或者任何其它形状。当选择圆形孔径时,成像组件300在烧结面上产生径向对称图像。当选择正方形孔径时,成像组件300在烧结表面上产生这样的图像,以致当以恒定速率,使图像移动穿过烧结面时,由于在烧结路径中的每个点的曝光时间均匀,因此使烧结路径中的烧结粉末更均匀地曝光。大小各不相同的透光孔径1001-1003提供一种改变成像组件300产生的光束的特性(包括在烧结面上产生的图像的大小)的手段。

[0040] 孔径盘320还可包含单狭缝孔径1011-1013。单狭缝孔径1011-1013在相对于孔径盘320的中心的取向方面不同,分别在烧结面上产生成不同角度的狭缝图像。单狭缝孔径1011-1013提供改变成像组件300产生的光束的特性的另一种手段。单狭缝孔径1011-1013可用于实现烧结纤细特征,比如板条,棒条,或者沿着大体笔直的方向延伸的任何其它纤细结构的更快速率。单狭缝孔径1011-1013可以是笔直的或者曲线的。例如,成像组件300可用于形成分离材料。在3D物体的逐层打印中,当添加上层时,分离材料可用作下层中的支承物。在打印之后,易于从完成的3D物体中除去分离材料。3D打印期间的支承用分离材料可包含一系列的平行薄板,网格结构或者任何其它部分填充的型式。孔径盘320还可包含多狭缝孔径1021。多狭缝孔径1021可用于实现烧结多个平行的纤细特征,比如板条,棒条,或者沿

着大体笔直的方向延伸的任何其它纤细结构的更快速率。例如,成像组件300可用于形成分离材料。多狭缝孔径1021的各个特征可以是笔直的或者曲线的。

[0041] 可以利用电动机旋转孔径盘320,以改变成像组件320使用的孔径。孔径盘320还包含不透明区域1031-1037。不透明区域1031-1037在设置在孔径盘320上的透光孔径之间延伸。通过旋转孔径盘320,以用不透明区域1031-1037之一阻挡灯304产生的光,可实现快门开闭,以防止光通过孔径盘320。在一个或多个实施例中,孔径盘320由不透明材料构成。另一方面,孔径盘320涂覆有薄膜,涂料,粉末,釉料或者其它表面,以形成至少一个不透明区域1031-1037。

[0042] 在来自灯304的光通过孔径318之后,所述光被消色差双合透镜324-326进一步聚焦。消色差双合透镜324-326有效地聚焦多个光波长。消色差双合透镜都具有被优化,以根据透镜的结构聚焦3个设计波长的光的3个独立表面。两个消色差双合透镜324-326的使用有效地聚焦在包括所述3个设计波长的范围内的光。消色差双合透镜324-326可被配置成聚焦包括接近或大于可见光光谱,定义为至少约750nm的至少一个波长的光。可在电磁波频谱的近红外区域中选择至少一个波长。在一个例证的可行实施例中,选择的消色差双合透镜聚焦约706.5nm,855nm和1015nm的光。这种宽带性能适合于利用诸如卤钨灯之类的宽带光源的低成本成像器。消色差双合透镜324-326可包含透镜涂层。可以选择透镜涂层的厚度和组成,以根据光源优化成像组件300的性能。

[0043] 消色差双合透镜324-326均包含粘合在一起,从而形成双合透镜的两种不同材料。所述两种不同材料可用胶合剂粘合。高温和快速温度变化会压迫消色差双合透镜324-326的粘合点328-330。例如,粘合点328-330中的胶合剂可能软化,或者光学性质可能因热循环的劣化效果而变化。在一个例证实现中,消色差双合透镜324-326具有85°C的耐热性。例如,虽然可以获得其它适当的替换物,不过成像组件300可利用可从Thor Labs获得的用具有Thor Labs`B`宽带抗反射涂层的SFL6和BAFN10类玻璃制造的消色差双合透镜。

[0044] 消色差双合透镜324-326一般安装在诸如双合透镜散热器360之类的散热体中。双合透镜散热器360可包括由铝、铜、合金或者适合于用作散逸热量的散热体的任何其它材料构成的较大散热体。在成像组件300的实施例中,双合透镜散热器360包含增大双合透镜散热器360的暴露表面积有条、孔、突起的阵列或其它结构,从而增大热散逸速率。另外,可在双合透镜散热器360的至少一部分之上,或者穿过所述至少一部分进行强迫通风,从而进一步提高热散逸速率。双合透镜散热器360可以无缝地集成到成像组件300的外部结构元件中。在成像组件300的实施例中,双合透镜散热器360起成像组件300的结构元件的作用。

[0045] 成像组件300还包含外透镜332。聚焦光束通过外透镜332射出 成像组件300。可靠性测试已表明如果最外面的玻璃表面温度降得过低,那么在烧结处理中,材料会冷凝在最外面的玻璃表面上。由冷凝引起的最外面的玻璃表面的起雾会导致不可靠的成像和不完整的能量传输。

[0046] 成像组件300被配置成把外透镜332的温度保持在预定阈值温度以上,以便确保没有冷凝物聚集在底部的透镜上,从而使之成为一种'自清洁'实现。在成像组件300的一个或多个实施例中,所述预定阈值温度是高于3D打印机中的一层可烧结粉末的周围环境温度的温度。所述预定阈值温度可以可烧结物质在大气压力下的露点温度为基础。可烧结尼龙粉末的所述预定阈值温度通常约140°C。所述预定阈值温度可以人工调整,或者用微处理器自

动调整,比如在可以和成像组件300一起使用的3D打印机的工作期间。

[0047] 在一个或多个实施例中,在开始烧结处理之前,借助灯304产生的光的体吸收,加热外透镜332,以升高外透镜332的温度。在一个或多个实施例中,孔径盘320包含允许最大光透射的孔径,在烧结之前,短时间选择该孔径,以便把外透镜332的温度升高到高于阈值温度。随后在烧结处理期间,外透镜332保持受热,高于所述阈值温度。外透镜332安装在由热导率极低的材料构成的外部底座362内。外部底座362由热塑性聚醚酰亚胺构成。于是,外透镜表面保持高于阈值温度,因而避免冷凝,从而减少或消除为了正常工作,而定期清洁外透镜332的需要。

[0048] 表1列举了例证实施例中的成像组件300的元件的位置。测量结果是用距离基准点,即,孔径的英寸数给出的。测量结果指的是每个元件与成像组件300的光轴相交的点。

[0049] 表1:

[0050]

元件	英寸
反射体302	1.979
灯丝306	0.798
聚光透镜314表面	0.509
聚光透镜314表面	0.296
聚光透镜316表面	0.255
聚光透镜316表面	0.070
孔径320	0
消色差双合透镜324表面	1.411
消色差双合透镜粘合点328	1.470
消色差双合透镜324表面	1.942
消色差双合透镜326表面	1.952
消色差双合透镜粘合点330	2.425
消色差双合透镜表面326	2.484
外透镜332表面	2.494
外透镜332表面	2.710
可烧结粉末表面	2.906

[0051] 成像组件300包括两个光学系统,如图8A-8B中所示。图8A图解说明成像组件300的第一光学子系统800的实施例。灯丝306位于第一光学子系统800的物平面中。在物平面805中的第一物点804,产生光线850,852。光线850,852代表允许穿过第一光学子系统800的光的锥形路径,其中光是沿着远离第一像平面806的方向,在第一物点804产生的。

[0052] 光线850,852被反射体302反射穿过第一光学子系统800的物平面。在通过灯丝306之后,光线850,852穿过聚光透镜314,316。聚光透镜314,316聚焦光线850,852,以致光线850,852会聚在第一像点808。光线850,852继续穿过孔径805。孔径805决定将聚焦在第一像平面806上的光线的锥角。孔径805可以是成像组件300的孔径318,或者视情况可以是设置在孔径盘320上的孔径。

[0053] 图8B图解说明成像组件300的第二光学子系统810的实施例。孔径805起第二光学

子系统810的物平面的作用。光线860,862图解说明穿过第二物点812的来自第一光学子系统800的第一像平面的光线。光线860,862代表允许穿过第二光学子系统810的光的锥形路径,其中光通过第二物点812。

[0054] 光线860,862通过第二光学子系统810的入射光瞳807,进入第二光学子系统810。使入射光瞳807和第一像平面806对准,以使通过第二光学子系统810的光达到最大程度。第一光学子系统800被设计成通过把灯丝图像聚焦在入射光瞳807上,使进入第二光学子系统810的光达到最大。这使通过系统的光的透射达到最大程度,并确保灯丝不会成像到烧结粉末上。光线860,862继续穿过消色差聚焦光线860,862的消色差双合透镜324,326和外透镜332。光线860,862会聚在第二像面818中的第二像点816。第二像面818与粉末平面814重合或邻近,所述粉末平面814包含一层可烧结粉末。虽然第二像平面818被表示成在中央与粉末平面814对齐,不过,本领域的普通技术人员会理解第二像平面818可以位于合理邻近粉末平面814,以实现有效烧结的任意距离之处,而不脱离本发明的精神。

[0055] 第一光学子系统800和第二光学子系统810被配置成消除在第二像平面818上形成灯丝306的共轭图像。此外,成像组件300的光学系统800和810优化第二像平面818的中央部分的会聚和聚焦。

[0056] 本领域的技术人员会认识到当被聚焦到烧结粉末的像平面时,光从孔径平面上的某一点的扩散可用点扩散函数表征。点扩展函数的方差可从光束的中心向外径向变化。在一个或多个实施例中,可视情况配置成像组件,以使在半径 $r_1 > 0$ 的点扩散函数的方差降至最小。当最小孔径的半径被设定为约 r_1 时,利用最小孔径在烧结层上产生的烧结图像将在烧结粉末和未烧结粉末之间具有清晰边缘,从而增强成像器产生具有微小细节的烧结图像的能力。当如上所述优化成像组件时,投射在粉末上的孔径的边缘的清晰度和孔径的小尺寸使最小的孔径适合于高分辨率烧结,磨边(edge work),或者任何要求精度或清晰度的时候。对半径大于 r_1 的孔径来说,图像的半径大于 r_1 的区域的图像模糊度增大。更大的孔径尺寸适合于要求软重叠,以及至少由软重叠特征和烧结速度的增大造成的块填充的作业,烧结速度的增大归因于较大的孔径尺寸。

[0057] 图9A是第二光学子系统的物平面900的平面图。中心点902与成像组件的光轴重合,所述光轴垂直于物平面900。第一周边点904位于物平面900中距离中心点902为 r_1 的地方。第二周边点906位于物平面900中距离中心点902为 r_2 的地方。第三周边点908位于物平面900中距离中心点902为 r_3 的地方。图9B-9E是在配置成使在 r_1 的点扩散函数的方差降至最小的成像组件中,从成像组件分别在点902,904,906和908射到物平面900上的光的点扩散函数的示图。点904,906和908的点扩散函数分别以 r_A, r_B 和 r_C 为中心。每个点扩展函数图表示光在像平面的某个点,或者更一般地说,像平面的某个半径的空间分布。对于物平面900中,距离中心点902为 r_1 的各个点,使点扩散函数的方差降至最小。如图9D-E中所示,对物平面900中,在半径距离大于 r_1 或小于 r_1 之处的各个点来说,所述方差增大。在一个或多个实施例中,第一周边点904与用最小孔径产生的半径 r_1 的光斑的周缘重合。当选择最小半径的孔径时,用于烧结粉末的光斑具有约为 r_1 的半径,投射在粉末上的光斑具有最小的点扩散函数,于是,在半径 r_1 具有最清晰的边缘,从而增强成像器用微小细节烧结粉末的能力。当孔径的半径增大从而超过 r_1 时,在所述边缘,图像模糊度增大。虽然关于圆形孔径,说明了方差的最小化,不过本领域的技术人员会理解相同的效果适用于尺寸变化的其它孔径形状。

[0058] 为了保持成像组件300中的光学元件的最佳工作的期望温度范围,引导强迫通风气流通过成像组件300。可通过利用风扇或者加压空气,以经济实用的方式产生强迫通风气流。图4图解说明可通过材料选择和强迫通风冷却实现的成像组件300内的温度单元。成像组件300包括产生强迫通风气流的风扇410。强迫通风气流可经由充当风道的至少一个通道358,穿过成像组件300。

[0059] 双合透镜单元406包括消色差双合透镜324-326。双合透镜单元406通常被保持在消色差双合透镜324-326的最佳工作的最高工作温度之下。在成像组件的例证有效实施例中,双合透镜单元406的最高工作温度约85°C。风扇410产生越过双合透镜散热器360的表面或通道358的气流,以便除去热量,和把双合透镜的温度调整到85°C以下。在一个有效实施例中,双合透镜散热器360由传导率为180W/mK,近似发射率为0.82的黑色阳极化铝构成。

[0060] 热障404被置于光源单元402和双合透镜单元406之间。在一个或多个实施例中,热障404收纳机械快门机构,比如孔径盘320。在一个或多个实施例中,热障404包含由低热导率材料,比如传导率为0.22W/mK的Ultem 1000聚醚酰亚胺构成的绝热结构。强迫通风可通过热障404中的通道,包括聚光透镜316和热障404之间在孔径318附近的空间,从双合透镜单元406传到光源单元402。以别的方式密封热障404,以防止强迫通风从成像组件330泄漏出去。

[0061] 光源单元402包括灯304和聚光透镜314,316。强迫通风通过光源单元314,316,以保持灯座的温度低于最高工作温度。在成像组件的一个例证有效实施例中,光源单元402的最高工作温度为350°C。通常使灯玻璃414的温度保持高于最低工作温度250°C。在成像组件300的一个例证有效实施例中,与灯相邻的聚光透镜314是S-LAH64透镜,聚光透镜316是N-BK7透镜。根据计算:最高工作温度=0.6*玻璃化温度(T_g),使与灯相邻的聚光透镜314的温度保持低于最高工作温度410°C,并且一般使聚光透镜316的温度保持低于最高工作温度360°C。在一个有效实施例中,灯罩350由传导率为180W/mK,近似发射率为0.82的黑色阳极化铝构成。在一个或多个实施例中,当强迫通风离开成像组件300时,引导强迫通风越过灯座308和灯散热器310的表面。离开成像组件300的强迫通风可用作系统中的另一个元件的热源。一般来说,光源单元402内的所有机械部分都由高导热材料,比如黑色阳极化铝构成,以致这些机械部分的热质足够大,从而在工作期间,把所有光源单元光学元件保持在其可接受的温度范围之内。

[0062] 外部单元408包括外透镜332和外部底座362。外透镜332主要由灯304产生的透射光的内部和表面吸收加热。外部底座由低热导率材料,比如传导率为0.22W/mK的Ultem 1000聚醚酰亚胺构成。一般来说,外透镜332被保持在140-200°C的工作温度范围。在一个或多个实施例中,代替或者除了灯304产生的透射光的表面吸收之外,视情况用任何其它加热方法加热外部单元408。在一个或多个实施例中,在通过光源单元402之后,用于冷却光源单元402的元件的强迫通风可被引导越过外部单元408的各个元件。

[0063] 图4中所示的实施例通过利用灯404产生的热,和通过引导强迫通风经过成像组件300,在双合透镜单元406,光源单元402和外部单元408中保持适当温度。成像组件300内的温度是被动管理的。不过,本领域的普通技术人员会理解可以采用另外的加热或冷却系统,在双合透镜单元406中的成像组件300,光源单元402和外部单元408中保持光学元件和电气元件的正确工作温度,而不脱离本发明的精神和范围。一般来说,系统被配置成在不需要昂

贵的温度控制设备或高温光学器件的情况下,达到高可靠性。

[0064] 图2和5中图解说明的是供成像组件300使用的例证3D打印机200。3D打印机200包括滚筒组件202,成像组件300,平台组件和微处理器250。3D打印机200还包括可烧结粉末施粉器210,可烧结粉末储粉器212,物体加热元件208,和清洁辊子和工作面,为下一个烧结图像作准备的装置。滚筒组件202包括滚筒架218和适合于响应经一个或多个减速齿轮222,操作上与滚筒耦接的第一致动器(一般是步进电动机220)而旋转的加工滚筒510。

[0065] 滚筒组件202还包括比如借助导杆224,驱动滚筒510横向越过工作面的长度的第二致动器,比如步进电动机226。滚筒510一般是上面施加可烧结粉末的光滑的阳极化铝滚筒。阳极化铝滚筒提供热稳定性和耐久性,不过也可使用其它导热和非导热材料。滚筒510的圆周一般等于或大于正在构成的物体的长度。不过,在其它实施例中,如果作为连续处理的一部分,大体同时地进行施加粉末的步骤,使粉末成像的步骤,和沉积烧结图像的步骤,那么滚筒可具有比工作面的长度小的圆周。滚筒510的外表面可覆盖有不粘表面,比如TEFLON,以抑制烧结图像或者未烧结粉末过度附着到滚筒510上,从而使成像期间进入滚筒的热损耗降至最小,或者使得能够采用电场来帮助粉末附着。

[0066] 滚筒组件还包括温度调节器和滚筒加热元件,比如安装在滚筒510内,并且适合于把滚筒510加热到基本接近,但是低于可烧结粉末的熔点的温度的管状卤素灯或筒形加热器。

[0067] 可烧结粉末一般是结晶尼龙粉末,滚筒的外表面被升高到的温度介于粉末的熔点之下约2°C和15°C之间。一般采用更高的辊子温度,以便于借助来自成像灯系统的最小输入能量,较快地烧结粉末,不过,3D打印机系统会导致粉末在辊子上的不希望烧结的辊子温度变化和粉末温度变化更敏感。相反,滚筒可被保持在较低的温度,以改善烧结图像质量,不过烧结处理和整个物体制作过程用时较长。在一些实施例中,滚筒组件还包括紧接于在物体的前一烧结图像上沉积烧结图像之前,加热烧结图像的外侧的转印定影(transfixing)加热器。类似地,在一些实施例中,加热元件还加热正在形成的物体的先前沉积的烧结图像的顶面。转印定影加热器可邻近滚筒和平台组件或工作面,安装在容纳滚筒510的组件上。为了控制施加于待附着表面的热量,转印定影加热器一般还包括限制每个表面的曝露面积的可调节挡板。

[0068] 平台组件包括水平构造面,在所述水平构造面上,沉积第一烧结层和组装整个物体。构造面240可把加热垫241A合并到上面用打印的烧结图像构成物体的构造面中。借助剪式升降机206,相对于滚筒510调整构造面240的高度,剪式升降机206包括两个交叉臂242,在每一端具有左旋螺纹和右旋螺纹的导杆244,和致动器(一般是步进电动机246)。导杆244的旋转使交叉臂242彼此接近或者彼此远离地旋转,取决于旋转的方向,从而分别使构造面240能够上升或下降。在一些实施例中,构造面240适合于相对于剪式升降机206,在水平面中旋转,从而允许构造面240在每个烧结图像的沉积之前,旋转到任意角度,以避免重复误差或伪像的累积,如果不被校正的话,那么所述重复误差或伪像会引起组装物体中的垂直方向非均匀性或非线性。本领域的技术人员会认识到在滚筒510上产生的烧结图像的取向反映和构造面240相同的角旋转。

[0069] 对沉积的每个烧结图像,调整构造面240相对于滚筒510的高度,以致正在构成的物体的顶部比滚筒510低大体等于施加于物体的烧结图像的厚度的距离。在本实施例中,在

把每个图像施加于物体之后,降低平台,不过,在另一个实施例中,当组装物体时,可以向上调整滚筒的高度,以补偿物体的厚度。在一些实施例中,构造面240是具有容纳物体和在烧结图像的打印之后剩余的未烧结粉末的侧壁的物体构造桶的底部,从而为正下方没有任何物体的后续烧结图像的各个部分提供基本支承。

[0070] 在滚筒组件,烧结组件和平台组件中采用的步进电动机的致动一般由微处理器250协同控制,微处理器250适合于同时旋转滚筒510和平移烧结组件,从而沉积构成物体的多个截面中的每个截面。

[0071] 在一些实施例中,3D打印机200还包括层厚控制处理器,层厚控制处理器可以包含在微处理器250中,或者是独立的处理器,当烧结图像被施加于物体时,所述层厚控制处理器动态控制正在构成的物体的厚度。层厚控制处理器一般在构造物体时,检测整个物体或一个或多个烧结图像的厚度,并利用反馈,改变施加于滚筒510的可烧结粉末的厚度,或者变更用于把烧结图像熔接到物体的压力。通过变更滚筒510和工作面之间的干涉间隙,可控制所述压力,以致滚筒在工作面内的平移会引起增强烧结图像和物体之间的熔接的压力。在其它实施例中,层厚控制处理器控制在滚筒和物体之间施加压力的时间和温度,以获得期望的层密度和确保结合。特别地,层厚控制处理器适合于变更在图像层之间,使滚筒510平移越过工作面的速度和温度,以使图像厚度标准化,和提供最佳的结合质量。

[0072] 图6A-6B是说明可以与烧结组件的实施例一起使用的三维打印机(3D打印机)的操作的示意图。滚筒组件600是适合于利用与物体的截面层对应的多层,根据物体的数字模型,构成三维零件或物体的3D打印机的组件。烧结图像单独由一层可烧结粉末生成,并被顺序组装或打印到叠层上,从而构成物体。利用加热把粉末的微粒熔合在一起,从而形成各个层,以及把各个层熔合在一起成为3D物体。一般形成烧结图像,以表现3D物体的细小截面。

[0073] 如图6A中图解所示,滚筒组件600一般包括层处理表面602,辐射能源604和工作面606。层处理表面602,例如,滚筒的连续表面或者平面适合于绕其纵轴旋转620,并在微处理器的控制下,平移地越过工作面,把多层烧结粉末转印或以其它方式沉积到工作面上。工作面606是上面沉积第一烧结图像或者正在组装的物体上的前一烧结图像的构造面。当产生于与正在组装的物体分离的层处理表面上时,在烧结图像被粘附在物体上之前,允许烧结图像表现归因于熔化和密度变化的任何变形,从而降低可能在物体中出现的内应力。如下所述,在优选实施例中,在层处理表面602的连续表面或者其它受热层处理表面上的烧结图像的产生一般不需要为把图像同时熔合到前一层而需要的能量。

[0074] 通常,层处理表面602包括适合于把滚筒的外表面的温度升高到接近所采用的可烧结粉末的熔化温度的预定值的加热元件。在优选实施例中,可烧结粉末是结晶尼龙粉末,滚筒的外表面被升高到的温度低到足以避免粉末完全熔融,但是足够高于可烧结粉末的周围温度,以降低为了把粉末熔合到烧结图像中,随后把烧结图像熔接或以其它方式附着于构造中的物体上而必须注入的能量。可烧结粉末层610是大批地施加于层处理表面602的均匀的一层可烧结粉末。在可烧结粉末层610的微粒没有熔合在一起的情况下,因层处理表面602的加热而变得发粘的可烧结粉末附着到滚筒上。也可以结合加热滚筒使用静电吸引,或者在滚筒未被加热的情况下单独使用静电吸引,可释放或者可去除地把可烧结粉末附着到层处理表面602上。

[0075] 利用能源604,比如在本申请中公开的成像组件,烧结表示正在形成的物体的

截面层的可烧结粉末层610的各个部分。具有在层处理表面602上的焦点605的能量源604(一般是聚焦热源,比如成像组件300)把粉末加热到足以熔合粉末的温度。通过使粉末部分液化,或者通过使粉末完全液化来熔合粉末,一旦能量源604被撤除,液化的粉末随后在辊子温度下冷却变回固体。通过相对于层处理表面602的连续表面,移动能量源604,以横越可烧结粉末层610,跟踪烧结粉末的线条或区域,形成烧结图像612。在优选实施例中,通过在微处理器的控制下,旋转620层处理表面602,和平移622热源604,物体的截面层可呈现任何复杂的构形。在本示例例子中,未烧结的粉末继续附着在层处理表面602上。

[0076] 如图6B中图解所示,通过在横越工作面606,平移626层处理表面602的时候,同时旋转624层处理表面602,烧结图像612随后被转印到工作面606上。当层处理表面602从其用虚线图解所示的初始位置,前进越过工作面606时,烧结图像612脱离层处理表面602,并转印到工作面606上。烧结图像612和物体的接收烧结图像的部分暴露于热源之下,以把烧结图像612转印定影到正在组装的物体上。层处理表面602和工作面606之间的距离近似等于或小于烧结图像612的厚度。

[0077] 在优选实施例中,烧结图像612被同时转印到正在组装的物体上,并与所述物体熔合。不过,在一些实施例中,烧结图像612可以首先被沉积到物体上,随后借助例如跟随滚筒的熔合灯,整体加热处理,热垫(下面更详细说明)或者它们的组合,与所述物体熔合。

[0078] 成像组件可用于在一层可烧结粉末中烧结图像。图7A-7C是说明形成可烧结粉末层的例证方法的示意图。虽然图7A-7C中表示的是滚筒,不过可以使用除圆筒形滚筒外的表面。例如,所述表面可以是上面形成烧结层的平面。在3D打印机中,在平面上形成的烧结层可被压印或以其它方式印到平台组件上的工作面上。

[0079] 当转动滑轮512,从而使皮带514前进时,从粉末仓210中抽出可烧结粉末710。可采用在粉末仓210中或者附在粉末仓210上的搅 拌器帮助把可烧结粉末710传送到滚筒510上。用皮带514分配的可烧结粉末710的量由可调节的仓门702和在可调节仓门702下面的间隙704控制。当可烧结粉末710从皮带514落到在层控制刮刀706之上的空腔时,使粉末密度标准化,以便在把可烧结粉末710施加于滚筒510时,确保均匀并且可重复的密度,而不管在粉末仓210中,可烧结粉末710是如何被压实的。分配的粉末712累积在滚筒510上,层控制刮刀706被用于控制施加于滚筒510的分层粉末714的厚度和均匀性。在层控制刮刀706和滚筒510之间形成的层间隙708为楔形,上部的间隙较宽,以适当的抽取粉末,而下部的间隔较窄,以便当使滚筒510转动时,在滚筒510的宽度范围内均匀散布粉末-和把粉末压紧到适当的密度。取决于要求的物体的垂直分辨率,产生的分层粉末714的厚度通常在5密耳(mi1)厚和20密耳厚之间。可以在滚筒510内使用加热灯加热滚筒510的表面,从而使分层粉末714更易于附着到滚筒510的表面上。

[0080] 一般来说,可烧结粉末是诸如平均粒径60微米的尼龙#12之类的结晶塑料粉末,不过这服从取决于3D打印要求和制造方法的变化。在一些实施例中,可烧结粉末包括两种以上粒径的分布,即,第一组较大的微粒,和第二组较小的微粒,其中选择较小微粒的直径,以基本填充存在于较大微粒之间的微粒间空隙,从而增大烧结粉末的密度和减小物体的收缩。这里称为模态分布的粒径的分布可包括逐次减小的多种标称粒径,以提供最大的粉末密度。

[0081] 就尼龙#12的替代物来说,也可采用各种其它可烧结材料,包括具有类似粒径的尼

龙#11, 丙烯酸-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS), 聚苯乙烯和其它粉末。可烧结粉末还可包括增大粉末在热源发出的辐射的波段中的有效吸收率(它基本上对称于发射率)的辐射吸收剂或染料。例如, 当热源是黑色或灰色可见光时, 可以采用着色剂来提高粉末的能量吸收, 从而增大烧结粉末和组装物体的速率。辐射吸收剂还允许使用包括灯的低功率不相干能量源, 以及包括激光器和激光二极管的相干能量源作为烧结辐射源。在利用激光器或激光二极管的其它实施例中, 染料可以主要在激光器的窄发射谱带中有吸收性。

[0082] 在一些实施例中, 3D打印机200适合于用包括金属的可烧结粉末, 产生一个或多个烧结图像。一种例证产品由Hi-Temp Structures(Gardena, Calif.)按商标METAL MATRIX PLASTIC供销。

[0083] 虽然借助本发明的具体实施例和应用, 说明了这里公开的发明, 不过本领域的技术人员可对其做出众多的修改和变化, 而不脱离在权利要求中限定的本发明的范围。

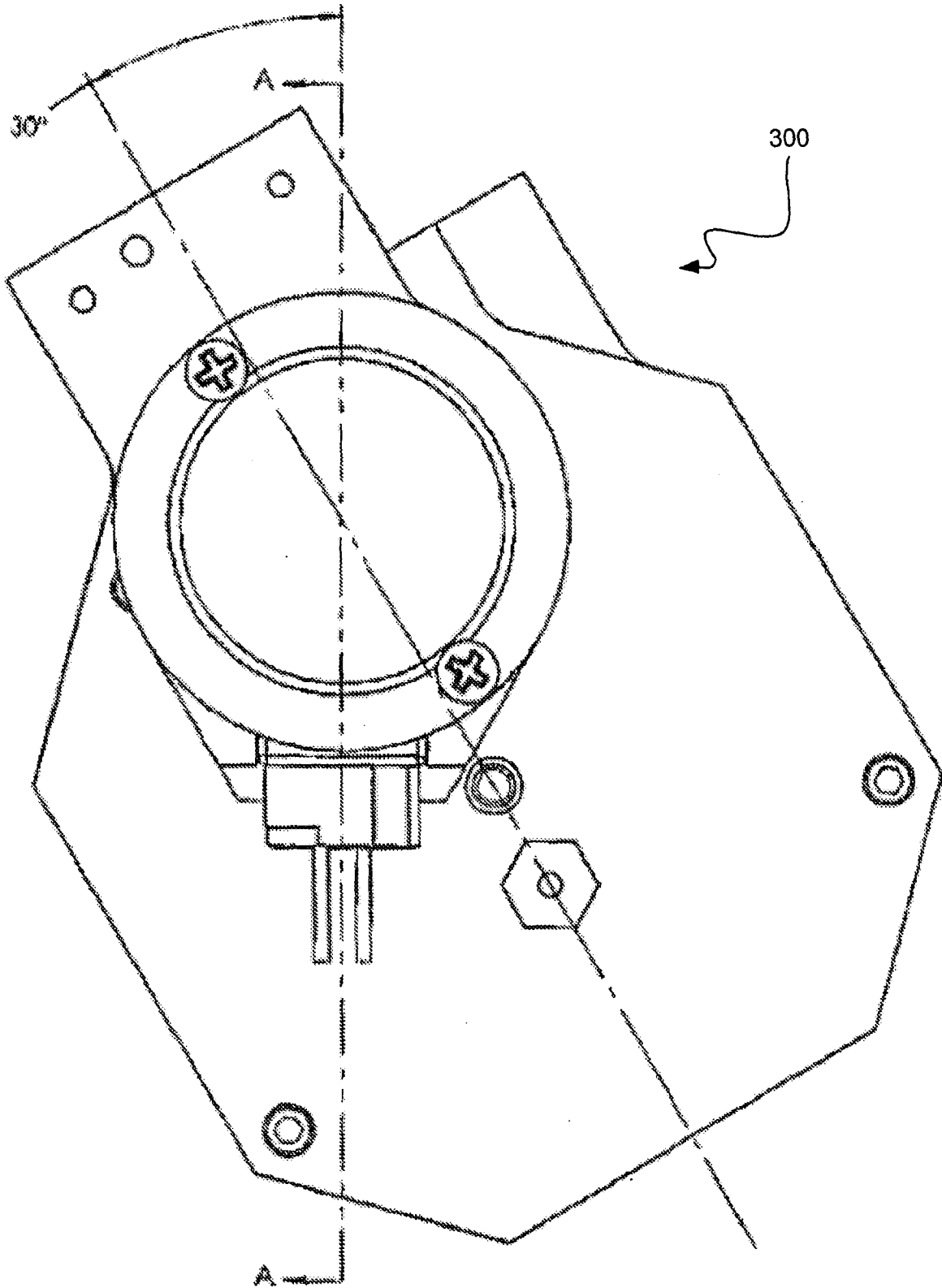


图1

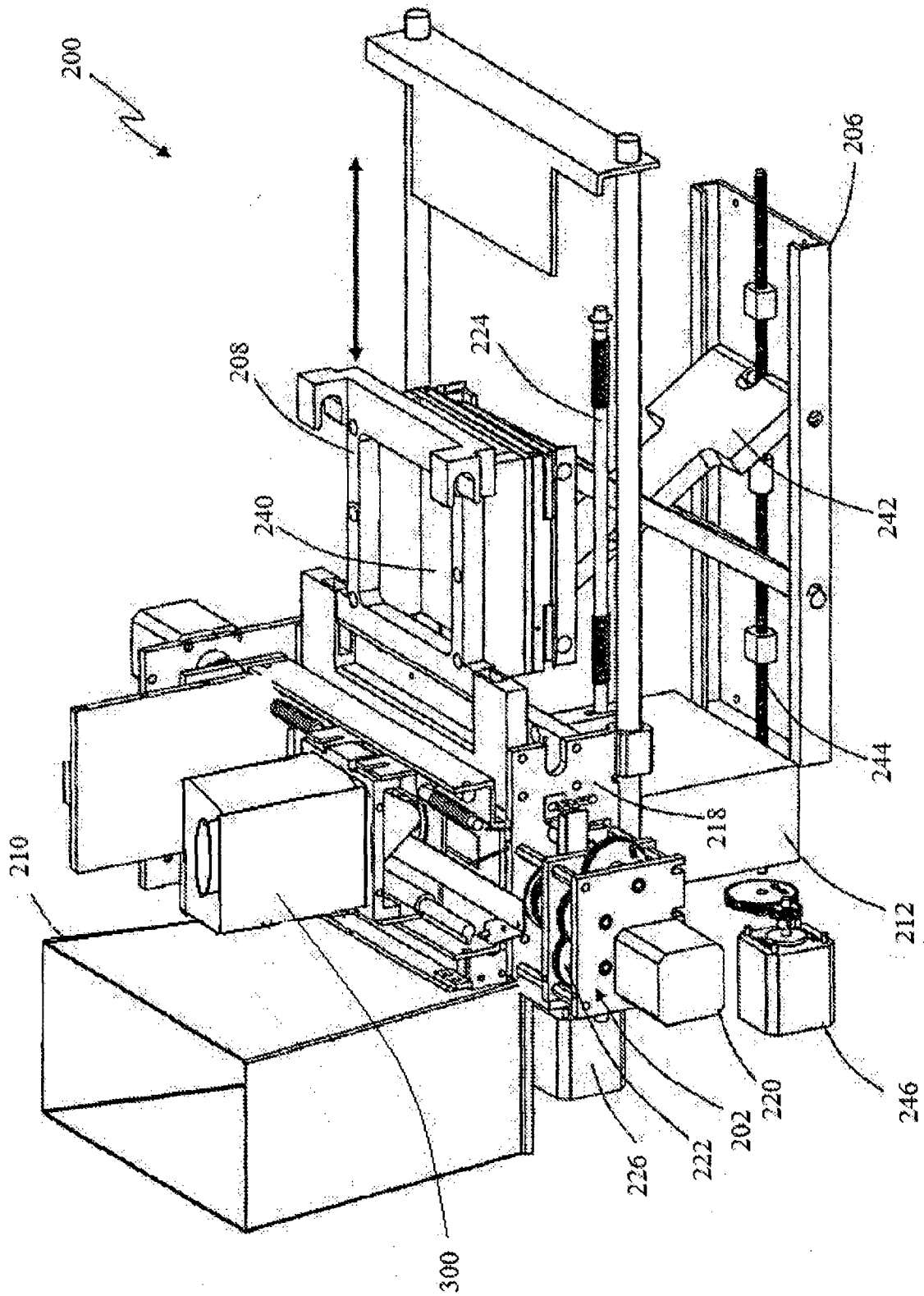


图2

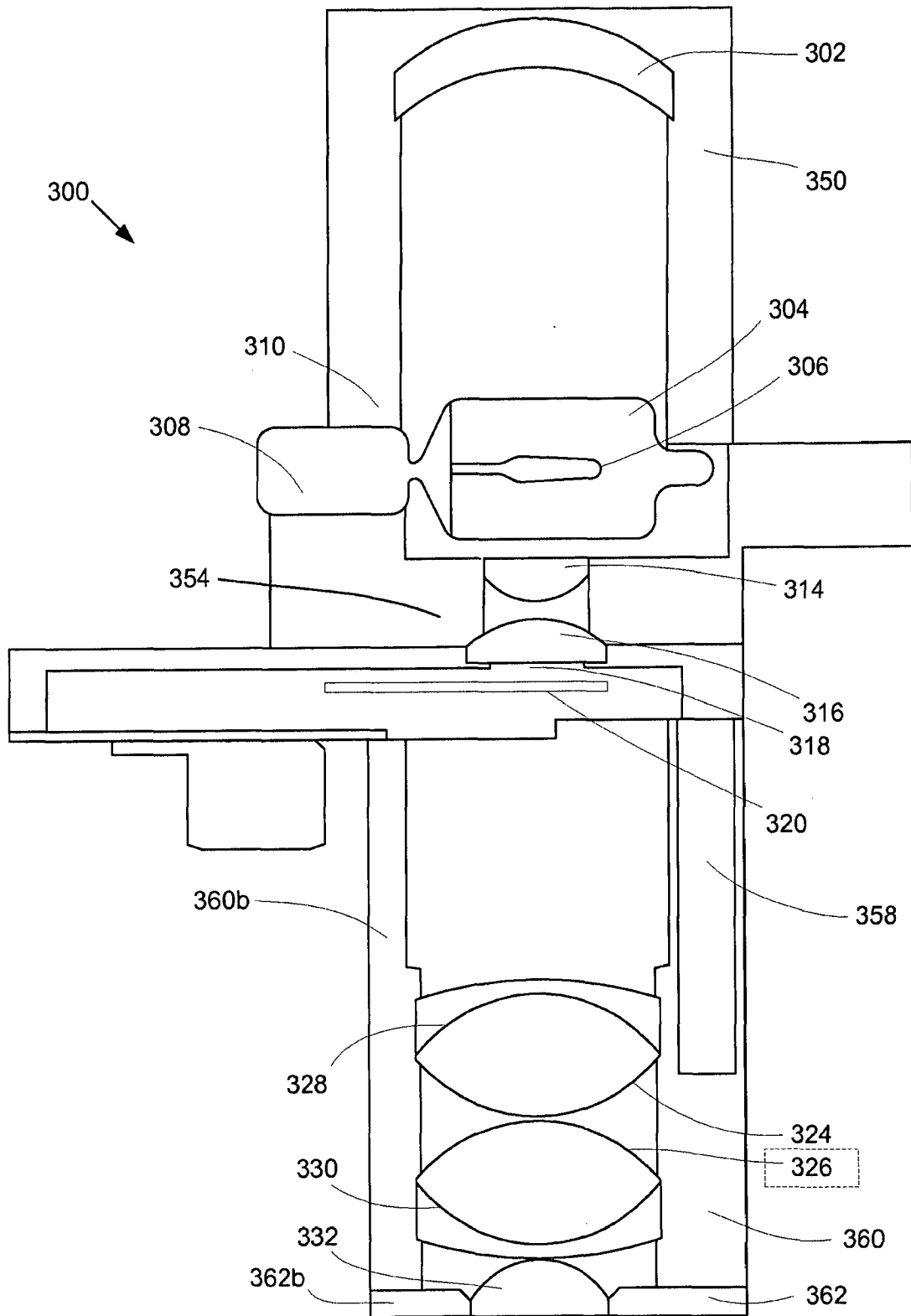


图3

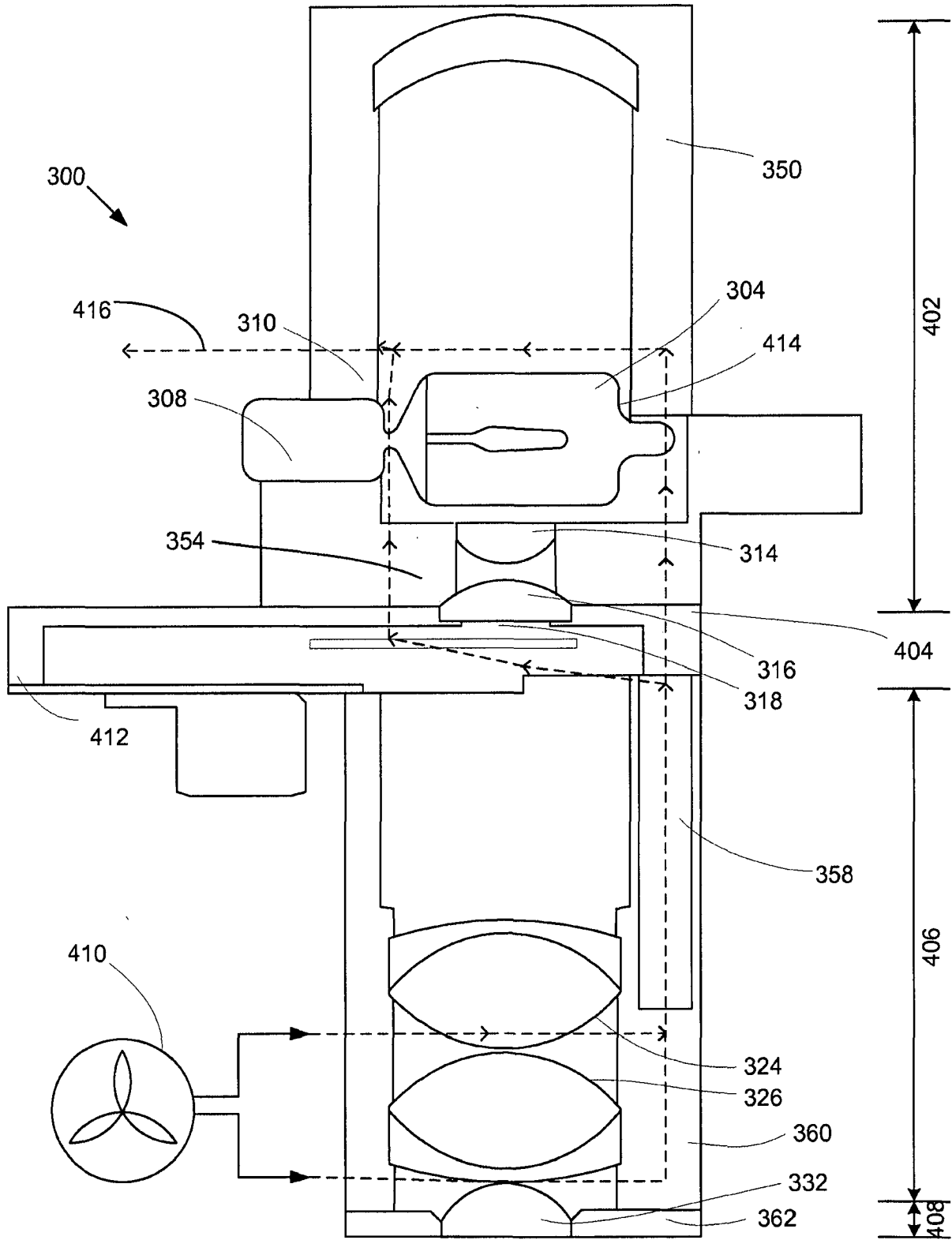


图4

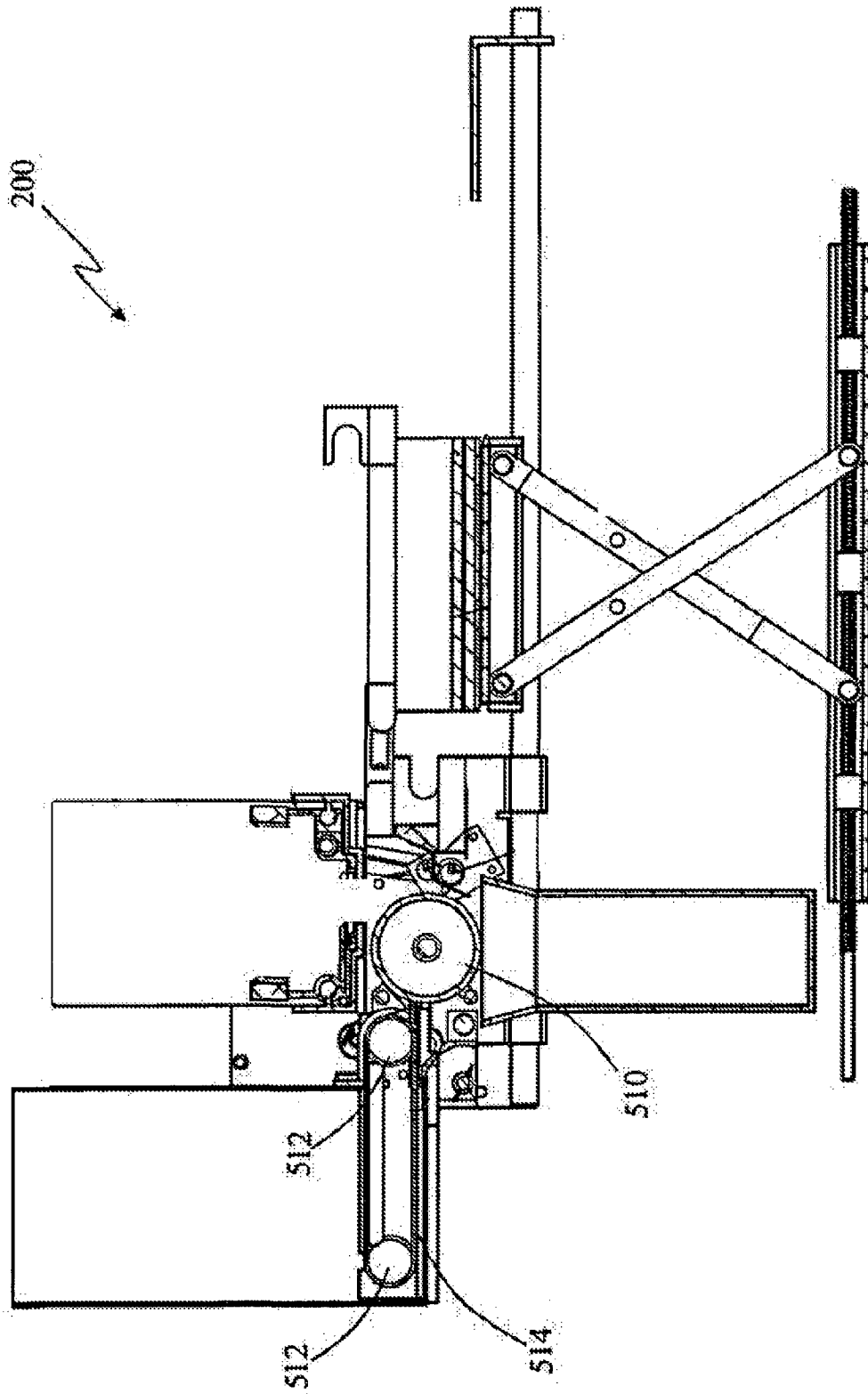


图5

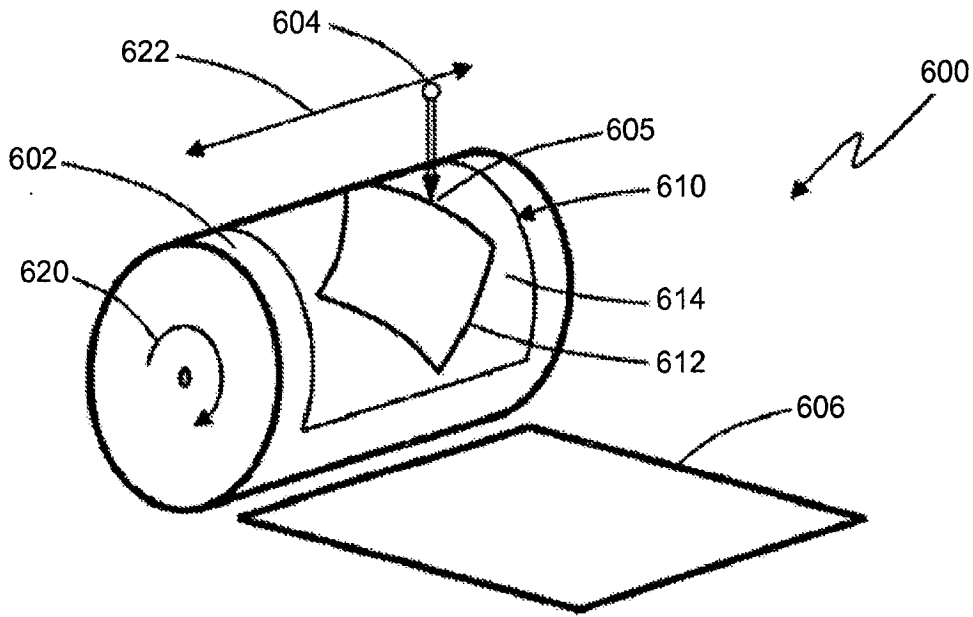


图6A

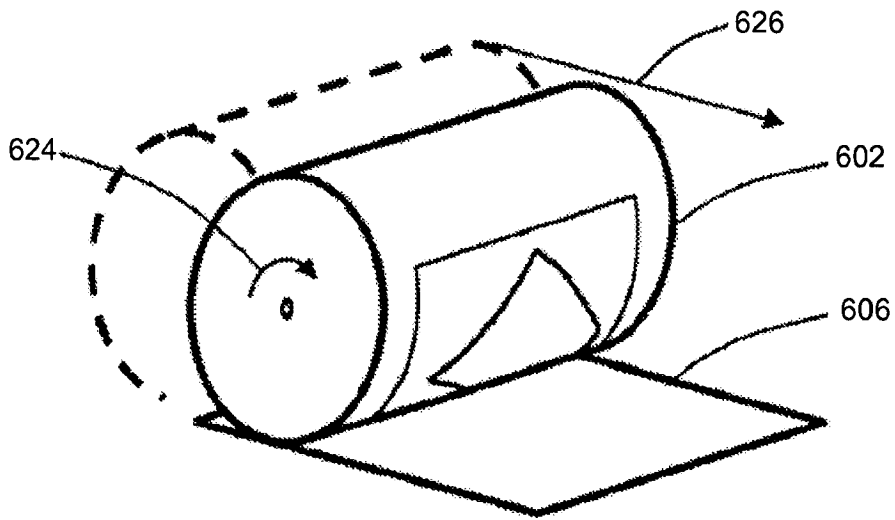


图6B

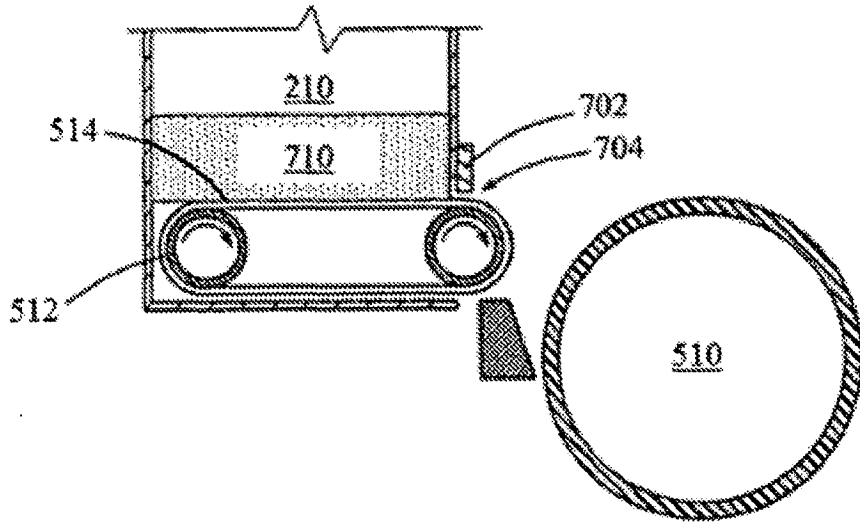


图7A

图 7B

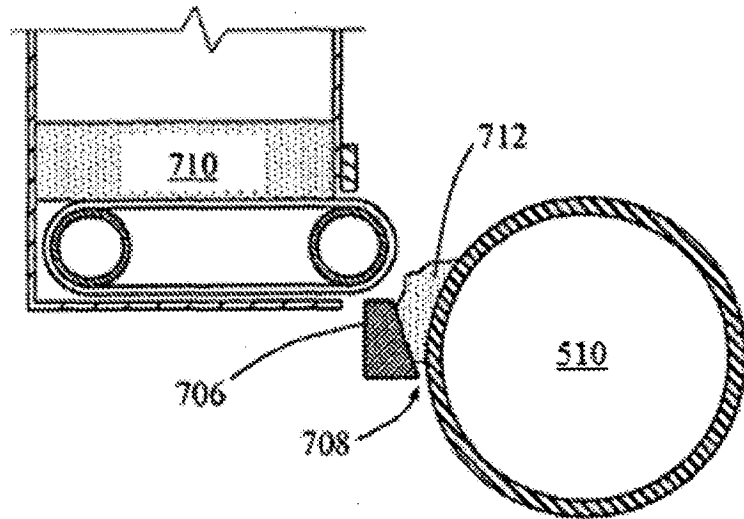
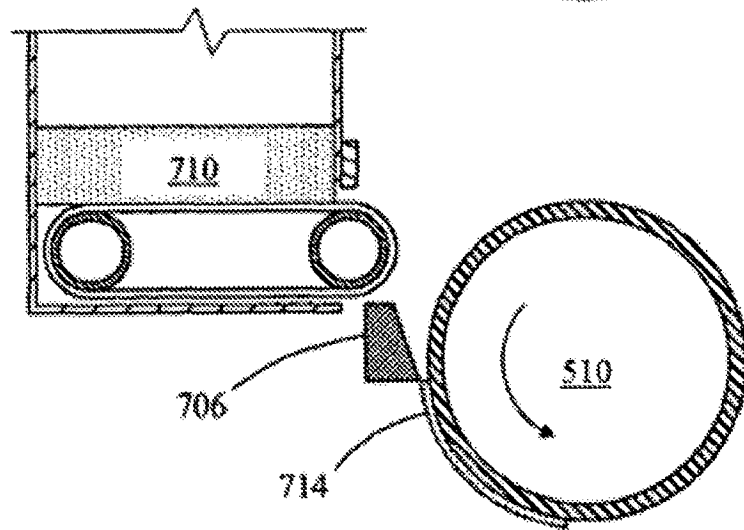


图 7C



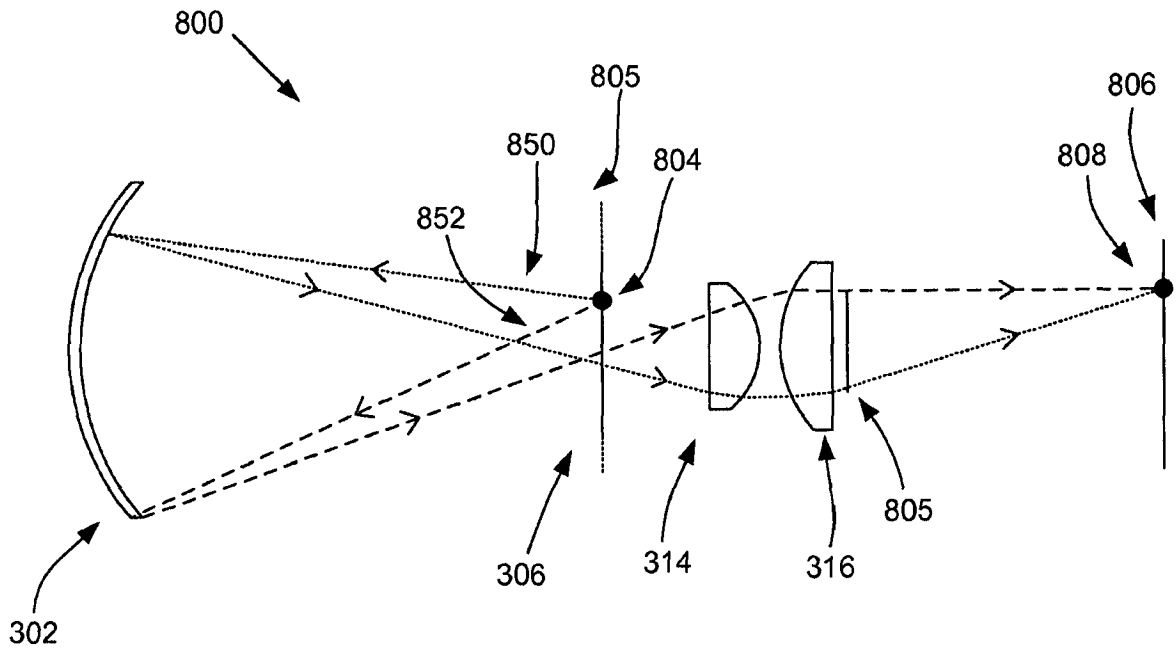


图8A

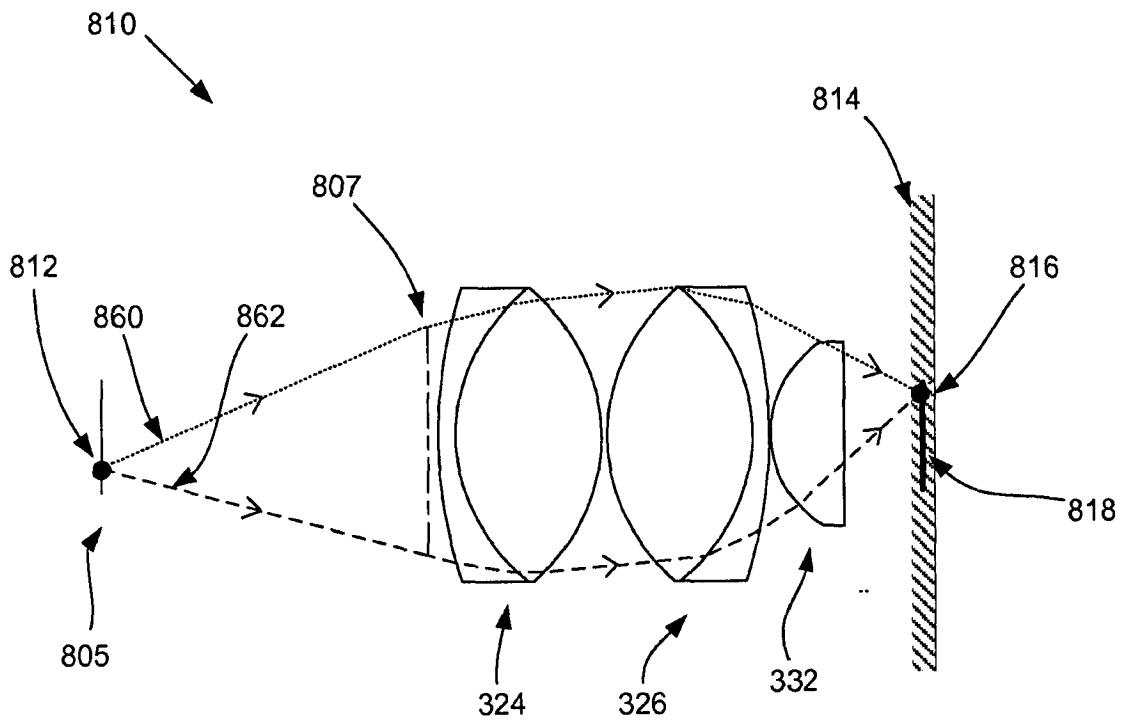


图8B

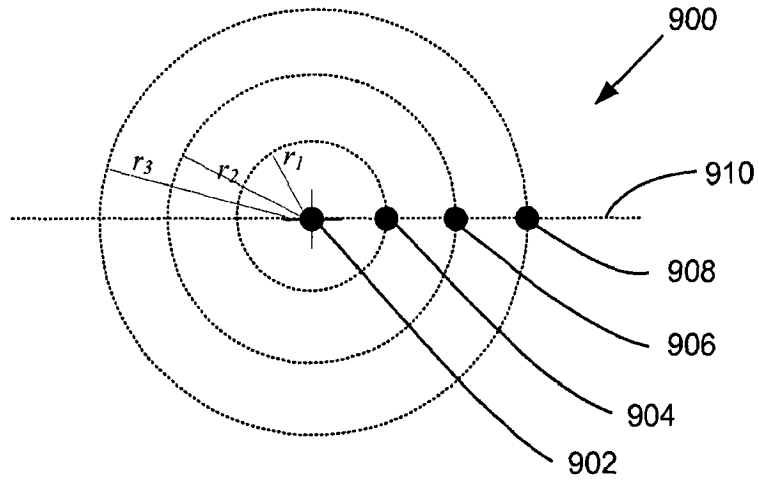


图9A

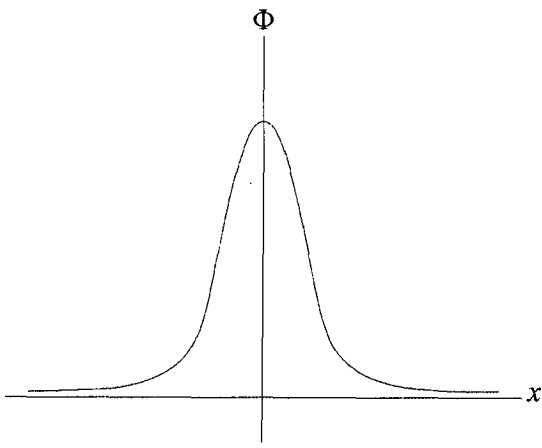


图9B

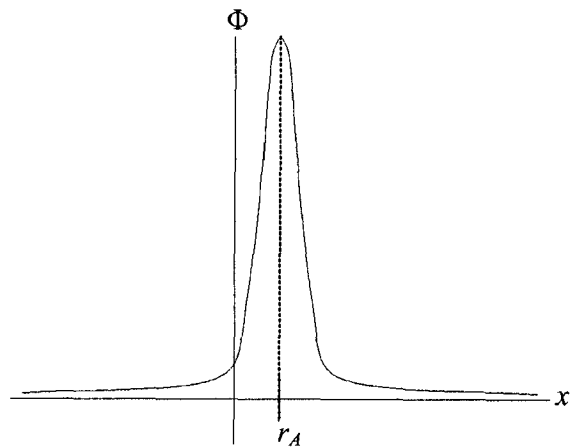


图9C

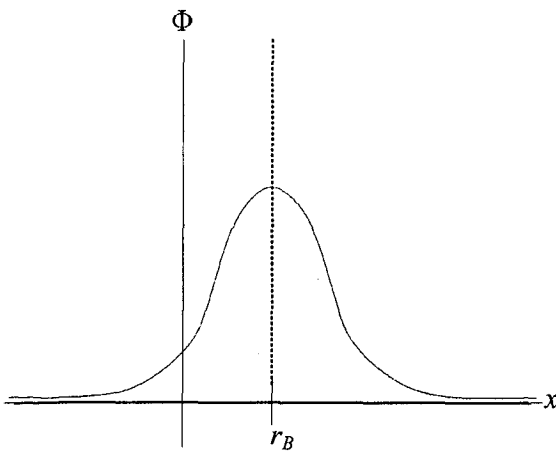


图9D

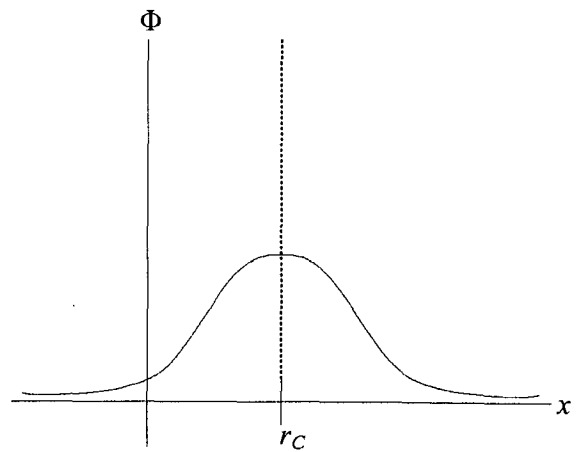


图9E

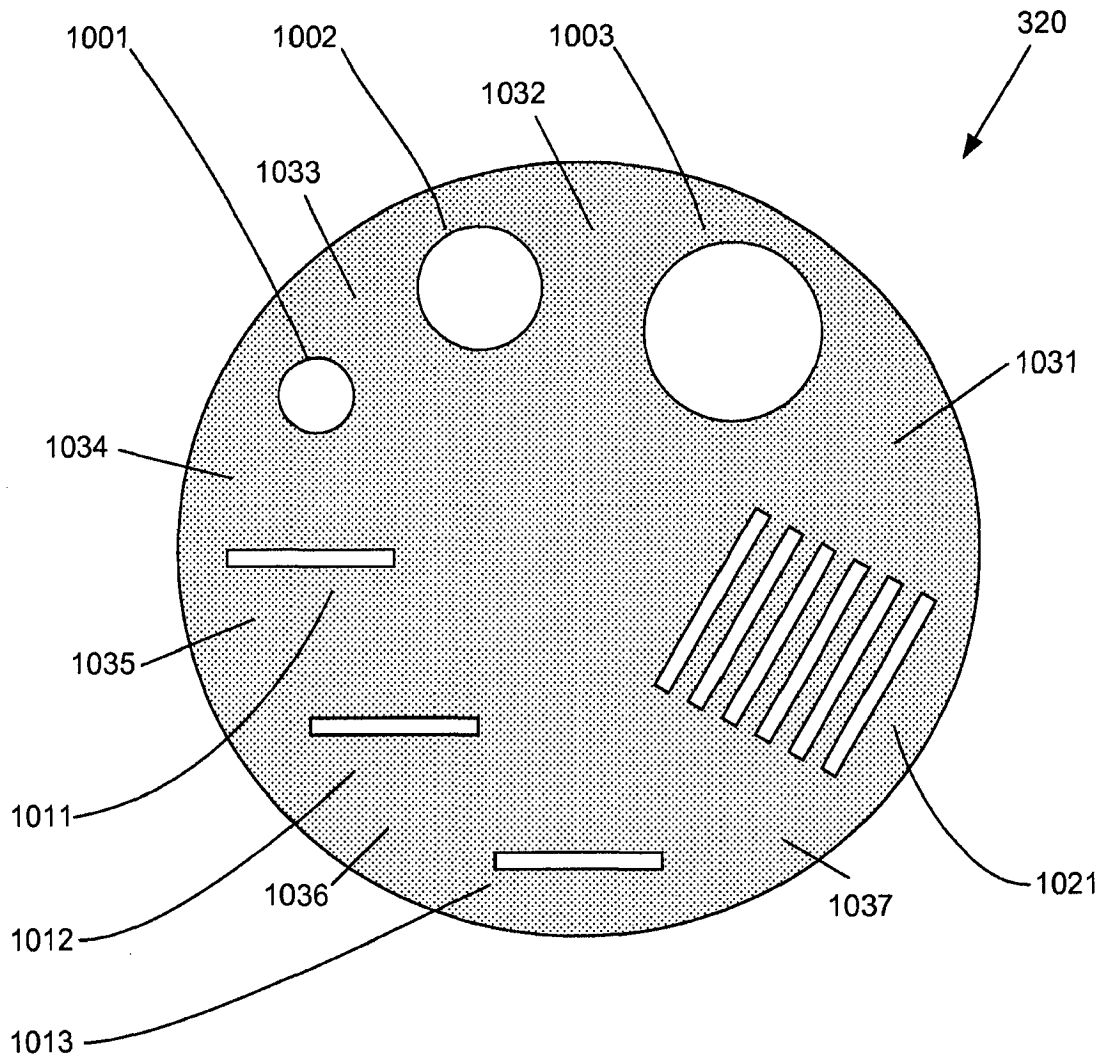


图10