



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104136715 B

(45)授权公告日 2017.09.19

(21)申请号 201280069298.0

(22)申请日 2012.12.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104136715 A

(43)申请公布日 2014.11.05

(30)优先权数据

13/340,534 2011.12.29 US

13/340,544 2011.12.29 US

13/340,538 2011.12.29 US

13/340,537 2011.12.29 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.08.08

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/071524 2012.12.21

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/101785 EN 2013.07.04

(73)专利权人 埃塔热发电机股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 M·斯维塞克 J·劳勒 S·米勒

(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

代理人 柳爱国

(51)Int.Cl.

F01B 23/10(2006.01)

F16J 1/08(2006.01)

F16J 10/04(2006.01)

F16C 29/02(2006.01)

F02B 63/04(2006.01)

(56)对比文件

US 5454351 A, 1995.10.03, 具体实施方式及附图.

CN 1620546 A, 2005.05.25, 说明书第1页第4段至第4页第5段.

DE 202005018178 U1, 2006.03.30, 具体实施方式及附图.

CN 1723347 A, 2006.01.18, 说明书第5页第3段至第7页第5段、附图1-6.

US 3956895 A, 1976.05.18, 具体实施方式及附图.

审查员 高现文

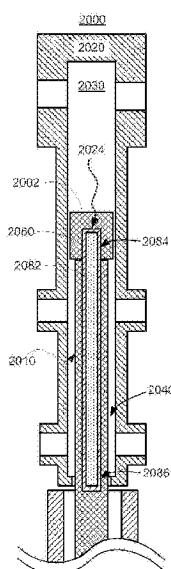
权利要求书1页 说明书23页 附图24页

(54)发明名称

用于管理活塞式发动机中的间隙的方法和系统

(57)摘要

一种活塞式发动机可以包括能够从事所述活塞式发动机的一部分例如燃烧段向外传输热量的加热管。加热管可以被包括作为活塞组件、气缸或上述两者的一部分。加热管可以充注有合适的、能够经历相变的加热管流体,例如水、乙醇、氨水、钠、其他的流体或其组合。流体在加热管中的沸腾和冷凝可以利用流体在传热期间的潜热。在某些情况下可以使用多根加热管。



1. 一种活塞组件,所述活塞组件被构造用于利用空气静压轴承沿活塞式发动机的气缸的缸筒的轴线平移,所述活塞组件包括:

活塞面,所述活塞面被构造用于接触所述气缸的燃烧段;以及

至少一根加热管,所述至少一根加热管能够:

从所述活塞组件向所述至少一根加热管的第一部分传输热量,并且

从所述至少一根加热管的第二部分向热容器传输热量,其中所述热容器是轴承元件、间隙、气缸的缸筒表面和活塞杆中的一种或多种,

其中,所述活塞组件被构造用于进行无油操作。

2. 如权利要求1所述的活塞组件,其中所述至少一根加热管与所述活塞面直接或间接地热接触。

3. 如权利要求1所述的活塞组件,进一步包括在所述至少一根加热管中包含的流体。

4. 如权利要求3所述的活塞组件,其中所述流体包括能够在所述活塞式发动机运行期间经历液相/气相转换的流体。

5. 如权利要求4所述的活塞组件,其中所述流体是从由水、乙醇、氨水、钠及其组合构成的组中选出。

6. 如权利要求3所述的活塞组件,其中所述至少一根加热管能够被密封以保持至少在所述至少一根加热管中包含的流体的体积恒定。

7. 如权利要求3所述的活塞组件,其中所述活塞组件的线性运动有助于输送在所述至少一根加热管中包含的流体,由此有助于从所述活塞组件传输热量。

8. 如权利要求1所述的活塞组件,进一步包括耦合至所述至少一根加热管的一个或多个流体端口,其中所述流体端口允许向所述至少一根加热管供应流体或从所述至少一根加热管中移除流体。

9. 如权利要求1所述的活塞组件,其中所述至少一根加热管包括从由铜、铝、钢、不锈钢、镍合金和青铜构成的组中选出的至少一种材料。

10. 如权利要求1所述的活塞组件,进一步包括活塞框架,其中所述活塞面刚性连接至所述活塞框架,并且其中所述至少一根加热管刚性连接至所述活塞框架。

11. 如权利要求1所述的活塞组件,其中所述加热管被构造用于控制所述活塞组件的温度,从而管理在所述活塞组件和所述气缸之间形成的间隙。

## 用于管理活塞式发动机中的间隙的方法和系统

### 背景技术

[0001] 随着发动机的压缩比增加,在保持特定的缸径行程比 (bore-to-stroke ratio) 的同时,在上止点 (TDC) 处的面容比 (surface to volume ratio) 增加、温度升高且压力升高。这样具有三种主要的后果:1) 来自燃烧室的传热增加,2) 燃烧定相变得困难,以及3) 摩擦和机械损失增加。因为热边界层随着在TDC处的纵横比 (也就是缸筒直径与燃烧室的长度之比) 变小而变成总容积的更大的一部分,所以传热增加。燃烧定相和实现完全燃烧都因为在TDC处实现的小容积而存在挑战。燃烧室压力的升高直接转化为作用在发动机部件上的作用力的增大。这些大的作用力可以使得发动机中的机械连接件 (例如活塞销、活塞杆、曲轴) 和受压自紧密封环过载,由此导致摩擦、磨损和/或故障的增加。

[0002] 与线性活塞式发动机相关联的主要挑战在于将活塞的动能高效地转化为机械功和/或电能。活塞和气缸壁之间的空间 (在本文中称作“间隙”) 是保持活塞对正、避免活塞和气缸壁接触以及相关的摩擦损失并且控制经过活塞的气体泄漏 (例如窜漏气体) 的关键所在。间隙可以通过作用在活塞上的不平衡作用力、热致膨胀或收缩 (例如固体变形)、变化的发动机状态或其他的相关因素而受到影响。间隙、活塞温度、气缸温度或其组合的管理在某些应用中可以是合乎需要的。

### 发明内容

[0003] 在某些实施例中,一种活塞式发动机可以包括活塞和气缸组件,所述活塞和气缸组件可以在气缸的缸筒和活塞组件之间的间隙中包括流体轴承。活塞组件能够在缸筒中轴向平移,并且活塞面可以面向气缸的一端接触气缸的燃烧段。至少一个轴承元件可以提供向缸筒和活塞组件之间的间隙中流动的轴承流体以形成流体轴承。在某些实施例中,轴承元件可以是活塞组件的一部分,提供轴承流体的径向向外的流动,并且活塞组件可以包括用于引导轴承流体的流体通道。在某些实施例中,轴承元件可以是气缸的一部分,提供轴承流体的径向向内的流动,并且气缸可以包括用于引导轴承流体的流体通道。轴承元件可以包括孔、喷射面、任意其他合适的流体出口或其任意组合以用于向间隙提供轴承流体。

[0004] 在某些实施例中,一种活塞式发动机可以包括活塞和气缸组件,所述活塞和气缸组件包括具有自居中特征的活塞和气缸。活塞可以被构造成在气缸的缸筒中轴向平移。

[0005] 在某些实施例中,活塞可以是在气缸的缸筒中轴向平移的活塞组件的一部分。气缸可以包括能够包含燃烧产物的燃烧段。来自燃烧段的窜漏气体可以从燃烧段轴向流出,经过活塞面,流过活塞和气缸之间的间隙。自居中特征可以利用窜漏气体的流动在活塞上提供自居中的作用力。自居中特征可以是台阶、一个或多个槽式凹口、渐缩部、任意其他合适的特征或其任意组合。

[0006] 在某些实施例中,一种活塞式发动机可以包括具有一根或多根加热管的活塞组件。活塞组件可以被构造成在气缸的缸筒中轴向平移。气缸可以包括能够包含燃烧产物的燃烧段,并且相应地活塞组件的活塞面可以经受温度的升高。在某些实施例中,加热管可以与活塞面热接触,并且还能够从活塞面向热容器传输热量。加热管的第一部分可以从活塞

面接收热量,并且加热管的第二部分可以向热容器传输热量。加热管可以包括流体例如水、乙醇、氨水或者可以经历气相-液相转换的钠。

[0007] 在某些实施例中,一种活塞式发动机可以包括被构造成同轴地定位在活塞式发动机的气缸中的气缸套。气缸套可以包括能够与能在气缸套中轴向平移的活塞组件形成间隙的内表面。气缸套还可以包括与活塞式发动机的气缸对接的外表面。外表面和气缸之间的对接可以包括可用作压力受控的流体所用管道的流体通道。气缸套可以被构造成至少部分地基于压力受控的流体径向收缩或膨胀,并且由此可以调节间隙。

[0008] 在某些实施例中,一种活塞式发动机可以包括一条或多条流体通道,被构造成成为气缸提供局部的、选择性的、快速响应的、或以其他方式受控的加热或冷却。提供给流体通道的流速、温度、压力或其组合可以由控制系统调节以控制活塞式发动机的温度。在某些实施例中,气缸可以包括一个或多个局部热源例如可以由控制系统控制以提供局部加热的一个或多个电加热器。

[0009] 在某些实施例中,可以控制活塞式发动机中同轴的活塞组件和气缸之间的间隙。可以利用一个或多个传感器检测至少一种指标例如温度、压力、功相互作用(work interaction)和/或间隙的其他合适的指标。控制响应可以由处理设备至少部分地基于所述指标来确定。处理设备可以使用控制接口以至少部分地基于控制响应向活塞式发动机的至少一个辅助系统提供控制信号。至少一个辅助系统可以至少部分地基于控制信号调节间隙。

## 附图说明

[0010] 本公开的上述和其他特征、其实质和各种优点将在结合附图考虑以下的详细说明之后变得更加显而易见,在附图中:

[0011] 图1根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机的截面图,所述活塞式发动机具有活塞组件、气体弹簧和作为气缸的一部分被包括在内的集成的线性电磁机器(LEM);

[0012] 图2根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机的截面图,所述活塞式发动机具有活塞组件、气体弹簧和集成的线性电磁机器(LEM);

[0013] 图3根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机的截面图,所述活塞式发动机具有包括两个活塞的活塞组件、单独的气体弹簧和集成的LEM;

[0014] 图4根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机的截面图,所述活塞式发动机具有两个活塞组件、单独的气体弹簧和两个集成的LEM;

[0015] 图5根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件的具有自居中特征的一部分的透视图;

[0016] 图6根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件和气缸的截面图,其中窜漏气体来自于燃烧段;

[0017] 图7根据本公开的某些实施例示出了图6中的示范性活塞组件和气缸的截面图,其中活塞组件是偏心的;

[0018] 图8根据本公开的某些实施例示出了图6中的示范性活塞组件和气缸的截面图,其中活塞组件是居中的;

[0019] 图9根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机的一部分的截面图，所述活塞式发动机具有活塞组件，所述活塞组件具有可以帮助其居中的特征；

[0020] 图10根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机的其活塞组件具有凹口式自居中特征的一部分的截面图；

[0021] 图11根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机的其活塞组件具有台阶式自居中特征的一部分的截面图；

[0022] 图12根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机的其活塞组件具有渐缩式自居中特征的一部分的截面图；

[0023] 图13根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件的其轴承元件具有孔的一部分的透视图；

[0024] 图14根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件的具有多孔轴承元件的一部分的透视图；

[0025] 图15根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件的截面图，其中流体轴承贯穿活塞组件；

[0026] 图16根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件和气缸的截面图，其中流体轴承贯穿活塞组件；

[0027] 图17根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件和气缸的截面图，其中流体轴承贯穿气缸；

[0028] 图18根据本公开的某些实施例示出了活塞组件和气缸的示范性装置的截面图，其中具有流体轴承和包括流体通道的平移件；

[0029] 图19根据本公开的某些实施例示出了活塞组件和气缸的示范性装置的截面图，其中具有流体轴承和止回阀；

[0030] 图20根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件和气缸的截面图，其中加热管作为活塞组件的一部分被包括在内；

[0031] 图21根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件的截面图，其中加热管由内部的空隙形成；

[0032] 图22根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机的截面图，所述活塞式发动机包括活塞组件以及具有冷却剂通道和加热管的气缸；

[0033] 图23根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件和气缸的截面图，其中气缸具有可变形的气缸套；

[0034] 图24根据本公开的某些实施例示出了图23中的示范性活塞组件和气缸的截面图，其中可变形的气缸套经历变形；

[0035] 图25根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件和气缸的截面图，其中气缸具有分段的可变形气缸套；

[0036] 图26根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机的截面图，其中活塞式发动机具有可变形的的气缸套；

[0037] 图27根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机的具有局部冷却剂通道的一部分的截面图；

[0038] 图28根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机的具有局部冷却剂通

道的一部分的截面图；

[0039] 图29根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机的具有局部热源的一部分的截面图，所述局部热源包括电加热器；

[0040] 图30根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机的一部分的截面图，其中包括可以被用于加热、冷却或上述两种用途的流体通道；

[0041] 图31根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件的具有轴承元件和自居中特征的一部分的透视图；

[0042] 图32根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机的截面图，其中的活塞组件具有轴承元件、加热管和自居中特征，并且其中的气缸具有可变形的气缸套和冷却剂通道；

[0043] 图33是根据本公开的某些实施例用于活塞式发动机的示范性控制装置的方块图；

[0044] 图34是根据本公开的某些实施例用于调节活塞式发动机的间隙的示范性步骤的流程图；以及

[0045] 图35是根据本公开的某些实施例用于调节活塞式发动机的一种或多种性质的示范性步骤的流程图。

## 具体实施方式

[0046] 本公开涉及管理活塞式发动机的间隙和/或其他性质。尽管在自由活塞式发动机的背景下进行讨论，但是本文公开的技术和装置能够应用于非自由活塞式发动机或其他合适的机械系统。本文中的术语“活塞式发动机”应该表示自由活塞式和非自由活塞式的发动机。

[0047] 利用任意合适的热力学循环工作的活塞式发动机可以包括用于实现位移做功的活塞和气缸组件。活塞和气缸可以通过相对较小的间隙分离，并且活塞在气缸的缸筒内轴向平移。在某些实施例中，活塞可以被包括作为“活塞组件”的一部分，活塞组件还可以包括一个或多个活塞密封件（例如活塞环）、轴承元件、框架、活塞杆、平移件和/或其他部件，这些部件能够统一地作为基本刚性的组件至少部分地在缸筒内运动。间隙沿活塞组件或其部件的径向周边可以是恒定或变化的（例如间隙可以通过厚度值、数值曲线或值域、和/或对称的量度来描述）。气缸可以包括燃烧段，可以将氧化剂（例如空气、污浊空气、氧气）和燃料（例如气态或液态的烃类燃料）分别地或作为预先混合的混合物送入燃烧段中。高温燃烧产物的膨胀促使活塞位移。可以利用机械连接件（例如利用活塞杆和曲轴的组件）、电磁相互作用（例如利用如本公开中所述的具有平移件和定子的线性电磁机器（LEM））、气压连接件（例如利用通过中间的气体容积相互作用的两个活塞）、任意其他合适的做功技术、或其任意组合来通过活塞的运动做功。通过活塞-气缸组件对空气和/或燃料的压缩也可以利用活塞的运动实现。在某些实施例中，压缩功可以由气体驱动装置、LEM或上述两者来提供。

[0048] 图1-4示出了可以受益于本公开的教导的活塞式发动机。应该理解的是除了附图中示出和本文中介绍的活塞式发动机以外，本公开的教导也可以应用于任意其他合适的活塞式发动机。还应该理解的是尽管在图1-4中并未示出，但是活塞式发动机可以包括一种或多种子系统例如冷却子系统、空气输送系统、燃料输送系统、点火子系统、排气系统、电子控制系统和/或其他合适的子系统，并且术语“活塞式发动机”可以表示合适的部件和子系统

的集合。

[0049] 图1根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机100的截面图,所述活塞式发动机具有活塞组件110、气体弹簧148和集成的线性电磁机器 (LEM) 160。活塞式发动机100包括具有缸筒134和燃烧段130的气缸140以及活塞组件110。在图示的实施例中,活塞组件110包括两个活塞面112、活塞密封件114和115以及平移件116。尽管在图1中并未示出,但是活塞组件110可以包括轴承元件、活塞杆、任意其他合适的部件或其任意的组合。在图示的实施例中,活塞组件110完全位于气缸140的缸筒134内,并且被构造成基本上沿轴线150平移。如图1所示,气缸140包括排气/喷射端口170 (用于排出废气和/或喷射反应物)、进气端口180 (用于输入空气和/或空气/燃料混合物) 以及驱动气体端口190 (用于供给和/或排出驱动气体)。活塞式发动机100可以利用双冲程循环、四冲程循环、任意其他合适的循环或其任意的组合来工作。在某些实施例中可以包括冲击板108以有助于例如在燃烧期间抵抗冲击。阀和/或其他的流体部件可以但并非必须地用于任意或全部的端口170、180和190以控制流体向活塞式发动机100的流入和从活塞式发动机100的流出。

[0050] 气缸140可以包括能够在其中进行燃烧、气体膨胀和排气的分部132、能够在其中进行电磁功相互作用的部分168以及能够在其中起到气体驱动和气体弹簧作用的部分178。各个部分132、168和178可以取决于气缸140的构造以及活塞组件110在气缸140的缸筒134中的位置。如图1所示,用于通过平移件116的运动做电磁功的定子162可以被包括作为气缸140的一部分。

[0051] 在活塞组件110于气缸140内的膨胀冲程期间,由于氧化剂和燃料在燃烧段130中的燃烧,平移件116可以平移穿过定子162。平移器116相对于定子162的运动可以产生电流并对应于电功。LEM 160可以包括永磁电机、感应电机、开关磁阻电机、任意其他合适的电磁机器或其任意组合。例如,平移件116可以包括永磁体,且定子162可以包括线圈,线圈可以传导通过平移件116的运动产生的感应电流。

[0052] 图2根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机200的截面图,所述活塞式发动机具有活塞组件210、气体弹簧248和LEM260。活塞式发动机200包括具有缸筒234的气缸240、活塞组件210和燃烧段230。在图示的实施例中,活塞组件210包括活塞面212、活塞密封件214 (例如活塞环,密封面)、平移件216和活塞杆218。尽管在图2中并未示出,但是活塞组件210可以包括轴承元件、任意其他合适的部件或其任意的组合。在图示的实施例中,活塞组件210部分地位于气缸240的缸筒234内,并且被构造成基本上沿轴线250平移。如图2所示,气缸240包括气体密封件242 (用于减少或避免气体泄漏同时允许相对的活塞运动)、排气/喷射端口270 (用于排出废气和/或喷射反应物)、进气端口280 (用于输入空气和/或空气/燃料混合物) 以及驱动气体端口290 (用于供给和/或排出驱动气体)。活塞式发动机200可以利用双冲程循环、四冲程循环、任意其他合适的循环或其任意的组合来工作。在某些实施例中可以包括冲击板208。

[0053] 气缸240可以包括能够在其中进行燃烧、气体膨胀和排气的部分232以及能够在其中起到气体驱动和气体弹簧作用的部分278。部分268可以独立于气缸240而被包括在内,并且可以包括能够用于进行电磁功相互作用的LEM 260。各个部分232、268和278可以取决于气缸240的构造以及活塞组件210在气缸240的缸筒234中的位置。如图2所示,用于通过平移件216的运动做电磁功的定子262可以但并非必须地独立于气缸240。

[0054] 图3根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机300的截面图,所述活塞式发动机具有包括两个活塞311和313的活塞组件310、单独的气体弹簧340和LEM 360。活塞式发动机300包括分别具有缸筒334和335的气缸340和341、活塞组件310和燃烧段330。在图示的实施例中,活塞组件310包括活塞面312、平移件316、活塞密封件314和315以及活塞杆318。尽管在图3中并未示出,但是活塞组件310可以包括轴承元件、任意其他合适的部件或其任意的组合。在图示的实施例中,活塞组件310部分地位于气缸340的缸筒334内,并且部分地位于气缸341的缸筒335内,并且被构造成基本上沿轴线350平移。如图3所示,气缸340包括气体密封件342(用于减少或避免气体泄漏同时允许相对的活塞运动)、排气/喷射端口370(用于排出废气和/或喷射反应物)、进气端口380(用于输入空气和/或空气/燃料混合物)以及气体端口395(用于排出窜漏气体或者供给空气)。如图3所示,气缸341包括气体密封件343(用于减少或避免气体泄漏同时允许相对的活塞运动)、驱动气体端口390(用于供给和/或排出驱动气体)。活塞式发动机300可以利用双冲程循环、四冲程循环、任意其他合适的循环或其任意的组合来工作。在某些实施例中可以包括冲击板308。

[0055] 气缸340可以包括能够在其中进行燃烧、气体膨胀和排气的部分332。气缸341可以包括能够在其中起到气体驱动和气体弹簧作用的部分378。部分368可以被包括在气缸340和341之间,并且可以包括能够用于进行电磁功相互作用的LEM。各个部分332、368和378可以取决于气缸340和341的构造以及活塞组件310在相应的气缸340和341的缸筒334和335中的位置。如图3所示,用于通过平移件316的运动做电磁功的定子362可以但并非必须地独立于气缸340和341。

[0056] 图4根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机400的截面图,所述活塞式发动机具有两个活塞组件410和411、单独的气体弹簧448和449以及两个LEM 460和461。如图所示,活塞式发动机400基本上等价于具有单个燃烧室的、关于排气/喷射端口370对称的两台活塞式发动机300。应该理解根据本公开也可以实现其他的、可以但并非必须是对称的双活塞式装置,并且活塞式发动机400是一个示范性的示例。

[0057] 在Simpson等人的申请号为12/953,270的美国专利申请、Simpson等人的申请号为12/953,277的美国专利申请、Simpson等人的申请号为13/102,916的美国专利申请和Roelle等人的申请号为13/028,053的美国专利申请中包括关于活塞式发动机例如活塞式发动机100、200、300和400及其操作和特征的更多细节,因此通过全文引用将所有的上述专利申请并入本文。

#### [0058] 【自居中式活塞】

[0059] 在某些实施例中,活塞可以包括相对于活塞式发动机的气缸提供自居中的一种或多种特征。

[0060] 图5根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件500的具有自居中特征506的一部分的透视图。活塞组件500可以包括活塞面502、元件504、自居中特征506、任意其他合适的部件(未示出)或其任意组合。在某些实施例中,自居中特征506可以是元件504的一部分。例如,元件504可以是轴承元件(例如空气静压轴承),且自居中特征506可以是机械加工的台阶或轴承元件中的其他合适的特征。在某些实施例中,自居中特征506可以是活塞面502的一部分。例如,自居中特征506可以是台阶、一个或多个槽式凹口、渐缩部或活塞组件500中所包括的其他特征。在某些实施例中,活塞组件可以包括有助于活塞组件居中的一个

或多个特征、部件或上述两者。例如,活塞组件可以包括自居中特征和能够有助于平衡活塞组件的一个或多个侧面上的压力从而能够有助于活塞居中的特征。尽管在图5中并未示出,但是活塞组件500能够可选地包括活塞杆、平移件、活塞环、流体轴承、任意其他合适的部件或其任意的组合。

[0061] 图6根据本公开的某些实施例示出了活塞组件610和气缸620的示范性装置600的截面图,其中窜漏气体(以箭头640示出)来自于燃烧段630。在某些实施例中,活塞面602可以接触燃烧段630(图6中示范性地示出)、气体驱动段(图6中未示出)、活塞式发动机的气缸中任意其他合适的区段(未示出)或其任意组合。窜漏气体可以从燃烧段630流出,围绕活塞面602并沿活塞组件610轴向流动。在某些实施例中,窜漏气体和自居中特征616的相互作用可以用于使活塞组件610居中。例如,可以在活塞组件610和气缸620之间的间隙中生成用于使活塞组件610居中的压力分布。窜漏气体可以从燃烧段、气体驱动段或者在任意合适的压力下工作(例如在20-800bar的压力或其他合适的压力下工作)的其他合适的区段提供给间隙。

[0062] 图7根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件610和气缸620的截面图,其中活塞组件610是偏心的。气缸620的中心轴线750表示气缸620的缸筒的几何中心轴线。当活塞组件610在气缸620中偏心时,如图7所示,在相对于活塞组件的柱面坐标系中,沿活塞组件610的横向侧面(也就是在可以随着 $\theta$ 和 $z$ 而改变的半径 $R$ 处)的压力场 $P_1(R, \theta, z)$ 在指定的轴向位置 $Z$ 处可以是周向(也就是沿 $\theta$ 的方向)不均匀的。

[0063] 图8根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件610和气缸620的截面图,其中活塞组件610相对于中心轴线750是居中的。当活塞组件610在气缸620中居中时,如图8所示,活塞组件610的 $P_2(R, \theta, z)$ 在指定的轴向位置 $Z$ 处可以是周向基本均匀的。在某些实施例中,居中活塞的压力场可以是不均匀的,但是当集成在活塞的侧面上时,给出基本为零的合力。例如,具有槽式凹口的活塞组件可以由于凹口而具有不均匀的周向压力场,但是可以提供零合力。

[0064] 图9根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机900的一部分的截面图,所述活塞式发动机具有活塞组件910,所述活塞组件910具有可以帮助其居中的特征912。在某些实施例中,例如特征912这样的特征可以与自居中特征(例如图10-12中任意的自居中特征)一起被包括在活塞组件中。如图9所示,特征912可以包括围绕活塞组件910的整个周边延伸的一个或多个凹槽,其可以有助于平衡图9的间隙950中的压力场。特征912也可以用作直通的迷宫式密封件以减小间隙950中的轴向流速。尽管在图9中示范性地图示为凹槽,但是任意合适的特征或其组合均可根据本公开被用于帮助实现居中。

[0065] 图10根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机1000的一部分的截面图,活塞式发动机1000包括具有凹口式自居中特征1012和一个或多个狭槽1014的活塞组件1010。自居中特征1012可以包括一个或多个凹口,每个凹口部分地围绕活塞组件1010的周边延伸。狭槽1014可以包括一个或多个狭槽(例如对应于一个或多个凹口),其可以用作供窜漏气体流入凹口内的引导件。尽管图示成位于活塞组件1010的侧面上,但是在某些实施例中,狭槽也可以被包含在活塞组件的内部并且可以从任意合适的来源进料。例如,自居中特征1012可以包括三个槽式凹口,每一个的中心在周边上间隔120度且每一个沿周边的延伸小于120度,还包括三个对应的狭槽1014,其可以允许流体从相对高压的区域1060流入凹

口。根据本公开可以使用包括任意合适数量的凹口的、分段式凹口的任意合适的设置。

[0066] 图11根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机1100的其活塞组件1110具有台阶式自居中特征1112的一部分的截面图。自居中特征1112可以包括围绕活塞组件1110的整个周边延伸的台阶。台阶可以包括任意合适的绝对和/或相对尺寸。在图示的示例中,台阶中的(也就是相对更加靠近活塞面1102的)间隙可以是在活塞组件的较大直径区域处的间隙的两倍的数量级。在某些实施例中,活塞组件可以包括分段式台阶,其设置方式类似于图10中的槽式凹口,但是其中凹口延伸穿过活塞面1102,并且因此不需要包括狭槽。

[0067] 图12根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机1200的其活塞组件1210具有渐缩式自居中特征1212的一部分的截面图。自居中特征1212可以包括围绕活塞组件1210的整个周边延伸的渐缩部,其中在活塞面1202处的直径相对收缩。渐缩部可以包括任意合适的绝对和/或相对尺寸。在图示的示例中,在渐缩部的小直径处的(也就是相对更加靠近活塞面1202的)间隙可以是在活塞组件的较大直径区域处的间隙的两倍的数量级。在某些实施例中,活塞组件可以围绕周边包括多于一个渐缩段,其设置方式类似于图10中的槽式凹口,其中渐缩部延伸穿过活塞面1102。

[0068] 在某些实施例中,任意或全部的自居中特征1012、1112和1212、特征912以及其他合适的自居中特征或者其他特征可以进行组合。例如,活塞组件可以包括渐缩部、台阶和一系列凹槽(例如迷宫)以提供居中。自居中特征可以在与燃烧段、气体驱动段、气体弹簧段相接触的活塞面、允许窜漏气体流过活塞面的任意其他合适的活塞面或其任意组合的附近使用。例如,对于图3中标记的活塞式发动机300,自居中特征可以被包含在任意的活塞面312附近。

#### [0069] 【非接触式轴承】

[0070] 在某些实施例中,可以在活塞和对应的气缸之间使用非接触式轴承。非接触式轴承可以包括例如空气静压轴承、液体静压轴承或其他合适的可为运动或静止的非接触式轴承。非接触式轴承可以包括分离活塞和气缸壁以减小摩擦和相关功损失的流体薄膜。在某些实施例中,空气静压轴承的使用可以允许活塞式发动机中的活塞和气缸组件的无油操作,并且相应地活塞式发动机不需要辅助机油系统,这样可以简化发动机架构的某些方面。在某些实施例中,非接触式轴承可以包括机油作为轴承流体。轴承流体可以包括例如空气、氮气、废气、机油、液态水、水蒸气、液态二氧化碳、气态二氧化碳、液压流体、任意其他合适的流体或其任意组合。在流体轴承中使用的流体可以通过活塞组件、气缸或上述两者来提供。

[0071] 图13根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件1300的其轴承元件1310具有孔1312的一部分的透视图。孔1312可以设置为一定的模式、随机地设置或者是上述设置方式的任意组合。孔1312可以具有任意合适的尺寸。例如,在某些实施例中,孔1312的尺寸范围可以几千分之一英寸或更小到八分之一英寸或更大。在某些实施例中,孔1312的尺寸可以根据孔对于一种或多种其他流量限制或有效面积的相对流量限制或有效面积来进行选择。例如,孔可以成形为提供与孔1310下游的轴承流体的排出路径的流量限制相同数量级的流量限制。随着活塞组件1300由于活塞面1302或者活塞组件1300的其他合适的活塞面(未示出)上的作用力而在合适的气缸的缸筒中平移,轴承元件可以帮助保持居中。流体可以如箭头1322所示从任意合适的流体源提供,并且可以在活塞组件1300中经内部流体通道

(未示出)分配到孔1312。在离开孔1312之后,流体可以流过间隙,并且沿至少一部分的活塞组件1300流动。如箭头1320所示的流体从轴承元件1310向外的流动可以帮助避免和/或减少活塞组件-气缸间的接触。

[0072] 尽管在图13中示为孔,但是任意合适的端口均可用于向间隙提供流体以用作流体轴承。例如,配合部件之间的缝隙可以被用于向间隙提供流体。在进一步的示例中,部分地或完全地围绕活塞组件的周边延伸的环形孔口可以被用于向间隙提供流体。在某些实施例中,轴承元件1310可以包括足够小的端口(例如比轴承流体的平均自由路径更小)以允许泄流。

[0073] 图14根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件1400的具有多孔轴承元件1410的一部分的透视图。随着活塞组件1400由于活塞面1402或者活塞组件1400的其他合适的活塞面(未示出)上的作用力而在合适的气缸的缸筒中平移,轴承元件可以帮助保持居中。流体可以如箭头1422所示从任意合适的流体源提供,并且可以在活塞组件1400中经内部流体通道(未示出)分配,并且随后可以流过轴承元件1410的任意合适的部分中的空隙空间。轴承元件1410可以具有任意合适的孔隙度和孔隙尺寸。在离开轴承元件1410的侧面之后,气体可以流过间隙,并且沿至少一部分的活塞组件1400流动。如箭头1420所示的流体从轴承元件1410向外的流动可以帮助避免和/或减少活塞组件-气缸间的接触。轴承元件1410可以由任意合适的其孔隙度能够允许流体流动的材料构成。例如,多孔轴承元件可以由石墨、烧结金属(例如铁,钢,青铜)、烧结或以其他方式处理的多孔陶瓷(例如碳化硅,氧化铝,氧化镁)、任意其他合适的烧结或以其他方式处理的材料或其任意组合构成。在某些实施例中,轴承元件1410可以具有尺寸足够小的孔隙(例如比轴承流体的平均自由路径更小)以允许泄流。

[0074] 图15根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件1500的截面图,其中流体轴承1510贯穿活塞组件1500。活塞组件1500可以包括活塞面1502、轴承元件1510、框架1550、紧固件1590、图15中未示出的任意其他合适的部件或其任意组合。活塞组件1500可以构造成装配在活塞式发动机的气缸的缸筒中,并且可以构造成基本上沿着在缸筒中心线上或者在缸筒中心线附近的轴线平移。轴承元件1510包括流体通道1560,流体通道1560可以如箭头1522所示将轴承流体从一个或多个输入端口1512分配至一个或多个端口或表面从而径向向外流动。在某些实施例中,轴承元件1510可以包括多个部件的组件。在某些实施例中,活塞1502可以可选地包括自居中特征或其他合适的特征(未示出)。

[0075] 图16根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件1610和气缸1620的截面图,其中流体轴承1612(例如位于至少部分地源自轴承元件1618的间隙中的流体层)贯穿活塞组件1610。活塞组件1610包括可以接收轴承流体1616的内部通道1614。轴承元件1618是活塞组件1610的包括孔或多孔部的部分,轴承流体可以从这里流入流体轴承1612。轴承元件1618可以是活塞的集成部件(如图16所示)、活塞组件1610的另一部分、(例如通过压装或者用紧固件安装而)装配至活塞组件1610的独立部件、具有任意其他合适的设置方式或其任意组合。流体轴承1612可以帮助活塞组件1610围绕轴线1650居中,轴线1650表示气缸1620的缸筒的中心。

[0076] 图17根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件1710和气缸1720的截面图,其中流体轴承1712贯穿气缸1720。气缸1720包括可以接收轴承流体1716的内部通道1714。

轴承元件1718是气缸1720中包括孔或泄流面的部分,流体可以从这里流入位于活塞组件1710和气缸1720之间的合适的间隙中的流体轴承1712。轴承元件1718可以是气缸1720的集成部件(如图17所示)、装配至气缸1720的独立部件(例如是插件或气缸套)、具有任意其他合适的设置方式或其任意组合。流体轴承1712可以帮助活塞组件1710围绕轴线1750居中,轴线1750表示气缸1720的缸筒的中心。在某些实施例中,气缸可以包括能够向一个或多个对应的流体轴承提供轴承流体的一个或多个轴承元件。例如,在某些实施例中,气缸的缸筒可以包括多个轴承元件,每一个都具有单独和可控的流体源从而可以向气缸的缸筒内的多个位置输送轴承流体。

[0077] 在某些实施例中,窜漏气体可以被引导以减少或阻止窜漏气体在轴承元件附近的间隙部分中流动。例如,窜漏气体可以被引导流过气缸、活塞组件或上述两者,以使窜漏气体的流动基本上不会改变轴承流体在间隙中的流动。轴承气体的流动通过例如其他的譬如窜漏气体的流动而造成的某些改变可以不利地影响轴承流体阻止活塞-气缸接触的能力。窜漏气体的引导例如可以允许轴承流体的排放压力相对地远低于流体进给压力(例如允许轴承流体有更大的压降),这样可以提供所需的流动特性和轴承特性。

[0078] 图18根据本公开的某些实施例示出了活塞组件1810和气缸1820的示范性装置1800的截面图,其中具有轴承元件1812和1813以及包括流体通道1875的平移件1814。活塞面1802可以接触装置1800的气体弹簧(例如气体驱动段),而活塞面1804可以接触装置1800的燃烧段。装置1800可以包括定子1815,其可以与平移件1814以电磁方式相互作用。

[0079] 在图示的实施例中,轴承流体1874被供应至管道1870,管道1872经由密封件1871连接至管道1870。如图18所示,密封件1871可以允许包括管道1872的活塞组件1810围绕轴线1850平移同时保持在管道1870和1872之间的加压密封。管道1872的内部被耦合至位于平移件1814内的流体通道1875,轴承流体1874可以从这里流入通道1816。通道1816向轴承元件1812和1813输送轴承流体1874,轴承流体1874从这里流入位于活塞组件1810和气缸1820之间的间隙中的流体轴承。在某些实施例中(未示出),管道1870、管道1872或上述两者可以是柔性的以允许相对运动。例如,在某些实施例中(未示出),管道1870可以是经由合适的软管接头(例如并且相应地不必包括管道1872)直接连接至平移件1814的柔性软管。

[0080] 图19根据本公开的某些实施例示出了活塞组件1910和气缸1920的示范性装置1900的截面图,其中具有轴承元件1912和1913以及阀1970。活塞面1902可以接触装置1900的气体弹簧(例如气体驱动段),而活塞面1904可以接触装置1900的燃烧段。装置1900可以包括定子1915,其可以与平移件1914以电磁方式相互作用。

[0081] 在图示的实施例中,气体弹簧1976中的至少一部分流体经由位于活塞面1902中的阀1970(例如由箭头1974所示)而供应至通道1916以作为轴承流体。阀1970可以包括主动阀或被动阀或者其他合适的在一个或多个方向上提供流体流量控制的多路换向装置。例如,阀1970可以包括簧片阀、球阀、针阀、止回球阀、止回隔膜阀、在管道中对不同的流动方向提供不同阻力的静态流量限制装置、任意其他合适的阀、电子控制器或其他主动定位系统、任意其他合适的装置或其任意组合。通道1916向轴承元件1912和1913输送轴承流体1974,轴承流体1974从这里流入位于活塞组件1910和气缸1920之间的间隙中的流体轴承。在某些实施例中,阀1970可以是止回阀。因此,随着活塞组件1910沿轴线1950平移,并且随着流体经由端口1990(例如其中可以包括一个或多个阀)供应至气体弹簧1976和/或从气体弹簧

1976排出,气体弹簧1976中的压力可以达到开启压力,然后流体可以即可经过阀1970流入通道1916。阀1970的开启压力可以是任意合适的值,并且在某些实施例中可以是主动可调的。在某些实施例中,阀1970可以是主动可控的,并且沿任一方向的流量可以通过控制孔板或阀1970中的其他流量限制件来进行控制。

[0082] 在某些实施例中,轴承元件可以是活塞的集成部件。例如,活塞可以具有向间隙提供轴承流体的机械加工的通道和孔的集合。在某些这样的实施例中,活塞可以但并非必须是活塞组件的一部分。轴承元件可以包括石墨元件、具有机械加工特征的金属元件、烧结金属元件、多孔陶瓷元件、非多孔陶瓷元件、任意其他合适的适当材料构成的元件或其任意组合。

[0083] 【气缸和/或活塞的温度管理】

[0084] 在某些实施例中,可以控制或以其他方式管理活塞(或其组件)、气缸或上述两者的温度。活塞(或其组件)和/或气缸的温度管理可以有助于通过管理活塞式发动机的一个或多个部件的热变形来保持或以其他方式管理间隙。

[0085] 在某些实施例中,一根或多根加热管可以被用于影响活塞组件的传热。加热管可以包括构造成帮助例如向活塞式发动机的部件传热和从活塞式发动机的部件传热的流体管道。活塞组件的活塞面可以经历由于燃烧造成的温度升高。加热管的使用可以有助于从活塞面、活塞组件的任意其他合适的部分或任意其他合适的部件向外传热以降低部件的工作温度。例如,加热管可以从活塞面向热容器例如轴承元件、间隙、气缸的缸筒表面、通过冷却剂冷却的活塞杆、任意其他合适的热容器或其任意组合传热。

[0086] 加热管可以包括流体管道,其中可以充注合适的流体例如水、乙醇、氨水、钠或任意其他合适的流体或混合物。与流体的相变相关联的潜热通常远大于因温差造成的可测的能量传输。另外,流体的相变可以在基本恒定或以其他方式受限的温度下(该温度可以取决于压力和存在的任何杂质)进行,这样可以有助于减小活塞式发动机内相对较大的温度梯度。加热管可以设置为活塞组件中与活塞组件的活塞面热接触的部件。在某些实施例中,具有加热管的活塞组件的线性运动可以有助于在加热管内传输流体,由此有助于从活塞面到活塞式发动机的温度相对较低的部分的传热。

[0087] 应该理解的是在部件之间用到的术语“热接触”是指在部件之间有效传热的能力。例如,加热管可以设置为与活塞面接触,并且可以传输来自活塞面的热量,并且因此可以与活塞面“直接地”热接触。在另一个示例中,加热管可以与活塞框架接触,活塞框架可以与活塞面接触,并且加热管可以传输来自活塞框架的热量,活塞框架可以传输来自活塞面的热量,并且因此加热管可以与活塞面“间接地”热接触。

[0088] 图20根据本公开的某些实施例示出了活塞式发动机2000的示范性活塞组件2010和气缸2020的截面图,其中加热管2080作为活塞组件的一部分被包括在内。加热管2080可以是管路或其他流体管道,其中可以包括能够在活塞式发动机2000运行期间经历气相-液相转换的流体2082。可以在发动机运行期间进行从燃烧段2030到活塞面2002的(由箭头2024示出的)传热。可以进一步进行从活塞面2020到加热管2080的一部分2084的(由箭头2024示出的)传热,这样可以有助于降低、保持或者降低和保持活塞面2020的温度。可以进行从加热管2080的一部分2084到加热管2080的另一部分2086的加热管2080内的传热。所述部分2086可以向活塞组件2010的远离活塞面2002的部分例如气缸2020的远离燃烧段2030

且相对靠近所述部分2086的端部传出热量。例如,加热管2080可以有助于从燃烧段2030径向向外地向轴承面、间隙并随后向气缸传输热量2024,在气缸处热量可以例如经由冷却剂通道中的冷却剂而进一步传输。在另一个示例中,加热管2080可以有助于从燃烧段2024向气缸2020的气体驱动段2040传热。

[0089] 图21根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件2100的截面图,其中加热管2180由内部的空隙形成。活塞组件2100可以包括活塞2102、元件2110、框架2150、紧固件2190、图21中未示出的任意其他合适的部件或其任意组合。活塞组件2100可以构造成装配在活塞式发动机的气缸的缸筒中,并且可以构造成基本上沿着在缸筒中心线上或者在缸筒中心线附近的轴线平移。元件2110可以包括(尽管并未示出)轴承元件(例如具有轴承通道)、活塞环、框架、任意其他合适的部件、任意其他合适的特征或其任意组合。加热管2180内的流体可以利用端口2182充注、排放或以其他方式调节,端口2182可以包括阀(例如止回阀或截止阀)、插塞或其他部件。在某些实施例中,具有端口2182的加热管2180可以在活塞式发动机运行期间进行充注、排放或以其他方式调节。在某些实施例中,具有端口2182的加热管2180无需在活塞式发动机运行期间进行充注、排放或以其他方式调节,并且可以相应地在活塞式发动机并未运行时进行调节。

[0090] 在某些实施例中,在活塞组件周边附近的直径上可以包括多根加热管以帮助从活塞面向间隙和气缸内壁传热。在图示的示例中,六根至十二根加热管可以轴向取向,设置在活塞组件周边附近的直径上,不过也可以用这样的环形设置方式使用任意合适数量的加热管。在某些实施例中,活塞组件中可以包括环形加热管以有助于向间隙传热。例如,活塞组件内的环形空隙可以注有适当的流体并且在运行期间被密封。

[0091] 图22根据本公开的某些实施例示出了示范性的活塞式发动机2200的截面图,所述活塞式发动机包括活塞组件2210以及具有冷却剂通道2222和2238与加热管2224的气缸2220。在某些实施例中,活塞式发动机2200可以包括冷却剂通道2222以有助于控制或以其他方式限制活塞式发动机2200的一个或多个部件的温度。温度控制也可以被用于(例如通过控制热变形来)控制气缸缸筒的尺寸和/或形状,这样可以改善或以其他方式调节窜漏气体的特性和/或轴承性能。正如图22示范性示出的那样,气缸2220可以包括通过一个或多个端口进给的内部通道,这样可以分别如箭头2230和2234以及箭头2232和2236所示供给和返回冷却流体。如图所示,冷却剂通道2222和冷却剂通道2238包括环形空隙,不过根据本公开可以使用任意合适的设置方式。在某些实施例中,冷却剂例如乙二醇、丙二醇、水、酒精、空气、任意其他合适的流体或其任意组合(例如用水稀释的乙二醇)可以提供给冷却剂通道2222和2238。在某些实施例中(未示出),活塞式发动机2200可以包括冷却剂子系统,其中可以包括泵、散热器、温度调节器、压力调节器、流体调控管道、任意其他合适的部件或其任意组合。在某些实施例中,冷却剂通道2222和冷却剂通道2238可以在气缸2220内互连并且相应地可以作为单一的管道集合进行控制。在某些实施例中,冷却剂通道2222和冷却剂通道2238不必在气缸2220内互连并且可以单独控制。例如,在某些实施例中,冷却剂通道2222和冷却剂通道2238可以有助于选择性冷却气缸2220的不同区域,并且因此每个区域可以单独冷却。在示范性的示例中,控制系统可以在活塞位于燃烧段2270中时判定活塞组件2210和气缸2220之间的间隙是否过大。因此,提供给与冷却剂通道2238相比更接近于TDC的冷却剂通道2222的冷却剂的流速可以增加以冷却气缸并(通过热收缩)减小缸筒,从而因此减小间

隙。根据本公开,任意合适数量的单独的冷却剂通道均可被用于提供选择性冷却,设置为任意合适的结构。在某些实施例中,气缸2220可以包括一根或多根加热管2224以帮助控制或以其他方式限制活塞式发动机2200的一个或多个部件的温度。气缸2220中可以包括以任意合适的设置方式设置的一根或多根加热管2224,并且加热管中可以包括任意合适的加热管流体。例如,一根或多根加热管2224可以包括轴向设置在以气缸2220的缸筒的中心为圆心的直径上的多根加热管。在另一个示例中,一根或多根加热管2224可以包括气缸2220内的环形空隙。加热管2226在某些实施例中可以被用于供给、排出或以其他方式控制一根或多根加热管2224内的流体。例如,加热管2226可以包括阀、调节器、孔板、任意其他合适的特征或装置或其任意组合以控制一根或多根加热管2224或者其中包含的流体的性质。在某些实施例中,冷却剂通道2222和/或冷却剂通道2238可以直接接触(未示出)一根或多根加热管2224,并且可以提供相对增强的来自于一根或多根加热管2224的热量传输。尽管图22中使出了冷却剂通道2222和2238以及一根或多根加热管2224,但是(图22并未示出的)某些实施例可以包括冷却剂通道和一根或多根加热管之一且相应地无需两者都包括。将冷却剂通道2222和2238以及一根或多根加热管2224一起使用在某些装置中可以提供与单独使用一者相比相对增强的传热。例如,热量可以从气缸2220的缸筒经由间隙传输至一根或多根加热管2224,并且一根或多根加热管2224可以将这些热量中的至少一部分传输至冷却剂通道2222和/或冷却剂通道2238内的冷却剂(例如传热可以包括经过一部分气缸2220的传导)。

[0092] 在某些实施例中,提供给任何端口2250的流体均可被用于冷却活塞组件2210或其中的各个部分。例如,来自活塞组件2210的活塞面的热量可以被输送至活塞组件2210的活塞杆,并且送往任何端口2250的流体可以对流地冷却活塞组件2210的活塞杆。

[0093] 在某些实施例中,流体轴承可以帮助冷却活塞组件、气缸、其中的部件、活塞式发动机中任意其他合适的部件或其任意组合。轴承流体可以被提供给轴承元件,轴承元件可以将轴承流体直接引导至活塞-气缸组件中合适的间隙。轴承流体可以有助于在其流过间隙时冷却至少一部分的活塞-气缸组件。在某些实施例中,轴承流体可以基本上从燃烧段经过间隙流出,并且相应地可以从燃烧段带走热量,由此降低活塞式发动机的一个或多个部件的温度。在某些实施例中,轴承流体经过活塞式发动机的间隙的对流可以提高活塞面和活塞组件和/或气缸的另一部分之间的有效传热速率。在某些实施例中,具有轴承元件的活塞组件中可以包括一根或多根加热管。一根或多根加热管可以有助于保持轴承元件或轴承元件其中的一部分几乎恒温,这样可以有助于控制间隙中的热膨胀和相关变化。在某些实施例中,一根或多根加热管、冷却剂通道、轴承元件、任意其他合适的部件或其任意组合的使用可以有助于通过管理活塞式发动机的一个或多个部件的热变形来保持或以其他方式管理间隙。

#### [0094] 【气缸套】

[0095] 在某些实施例中,可以控制或以其他方式管理自由活塞和气缸之间的间隙。在某些实施例中,可变形的气缸套可以被用于通过调节活塞组件在其中运动的缸筒来调节间隙。在某些实施例中,气缸套流体可以被用于向可变形的气缸套施加压力,气缸套可以基于气缸套的各个面之间的压差而变形。气缸套流体可以包括例如水、乙二醇、丙二醇、机油、液压流体、燃料(例如柴油燃料)、任意其他合适的流体或其任意合适的组合。

[0096] 图23根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件2310和气缸2320的截面图,

其中气缸具有可变形的气缸套2330。可变形的气缸套2330的内表面可以限定缸筒,活塞组件2310或其中的一部分可以在缸筒中沿着位于缸筒中心的轴线2350平移。通道2322可以在气缸2320和可变形的气缸套2330之间形成,气缸套流体可以经由端口2324送入通道2322和/或从通道2322返回。控制为适当压力的气缸套流体向可变形的气缸套2330施加变形作用力以允许相应地调节缸筒。缸筒和活塞组件2310之间的间隙2360可以相应地通过以合适的压力施加气缸套流体来进行调节。(例如通过经由一个或多个端口2324向通道2322供应气缸套流体来)增加气缸套流体的压力可以缩小缸筒和间隙2360,而(例如通过经由一个或多个端口2324从通道2322排出气缸套流体来)减小气缸套流体的压力可以增大缸筒和间隙2360。

[0097] 图24根据本公开的某些实施例示出了图23中的示范性活塞组件2310和气缸2320的截面图,其中可变形的气缸套2330经历变形。气缸套流体的压力在如图24所示的通道2322中与在图23所示的通道2322中相比更大,并且因此间隙2460相对小于间隙2360。

[0098] 图25根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件2510和气缸2520的截面图,其中气缸具有分段的可变形气缸套2530。可变形的气缸套2530的内表面可以限定缸筒,活塞组件2510或其中的一部分可以在缸筒中沿着位于缸筒中心的轴线2550平移。通道2522和2523可以在气缸2520和可变形的气缸套2530之间形成,并且可以通过密封件2532分隔。气缸套流体可以分别经由端口2524和端口2525供应至通道2522和2523和/或从通道2522和2523返回,端口2524和端口2525可以但并非必须地彼此隔离。控制为合适压力的气缸套流体可以向可变形的气缸套2530施加变形作用力以允许相应地调节每一段的缸筒(也就是缸筒中与通道2522或2523相对应的部分)。在某些实施例中,由于可变形的气缸套2530的变形可以依赖于气缸套流体和缸筒之间的压差,因此气缸套流体的压力可以至少部分地基于气缸的适当区段内的压力进行控制。缸筒和活塞组件2510之间的间隙2560可以相应地通过以合适的压力施加气缸套流体来进行调节。因为对应于每一条通道2522和2523的间隙可以独立地进行调节,所以间隙可以沿轴向方向(也就是平行于轴线2550)改变。例如,在某些实施例中,随着活塞2512行进穿过一段可变形的气缸套2530,即可调节位于该段的间隙。增加气缸套流体的压力(例如通过经由一个或多个相应的端口2524和/或2525向通道2522和/或2523供应气缸套流体)即可缩小一个或多个位置处的缸筒和间隙2560,而降低气缸套流体的压力(例如通过经由一个或多个相应的端口2524和/或2525从通道2522和/或2523排出气缸套流体)即可增大一个或多个位置处的缸筒和间隙2560。

[0099] 图26根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机2600的截面图,其中活塞式发动机具有可变形的气缸套2630。通道2622可以在气缸2620和可变形的气缸套2630之间形成,气缸套流体可以经由端口2624送入通道2622和/或从通道2622返回。控制为适当压力的气缸套流体向可变形的气缸套2630施加变形作用力以允许相应地调节缸筒。在图示的实施例中,(例如可以提供燃料和/或空气或接收排气的)端口2626可以位于可变形的气缸套2630的外侧以消除对可变形的气缸套2630中的端口或其他开口的需求。通过调节通道2622中的气缸套流体的压力即可实现对活塞组件2610和可变形的气缸套2630之间的间隙的调节。

[0100] 在某些实施例中,气缸套流体的流动可以被用于为可变形的气缸套提供冷却。例如,压力受控和流量受控的气缸套流体可以被用于提供从可变形的气缸套(例如在燃烧段

附近)到气缸套流体的对流散热的热量传输。通过使用气缸套流体的冷却可以结合或取代通过使用冷却剂通道和/或加热管(例如图22所示)的冷却来应用。

[0101] 图27根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机2700的具有局部冷却剂通道2752和2754的一部分的截面图(垂直于缸筒轴线)。活塞式发动机2700的气缸2720可以包括能够耦合至一个或多个节气门2724和一个或多个节气门2726的一个或多个稳压室2722。在某些实施例中,节流流体可以从一个或多个稳压室2722经过一个或多个节气门2724流入设置用于冷却区域2732的冷却剂通道2752(例如冷却剂通道2752中的示范性箭头所示)。在某些实施例中,节流流体可以从一个或多个稳压室2722经过一个或多个节气门2726流入设置用于冷却区域2734的冷却剂通道2754(例如冷却剂通道2754中的示范性箭头所示)。一个或多个节气门2724和2726均可包括固定流量的限流孔板、可调节流量的限流孔板、可控的节流阀、任意其他合适的流体节流特征或其任意组合。一个或多个节气门2724和2726可以促使降低节流流体的压力,这样还可以导致降低节流流体的温度和/或焓。降低的流体温度和/或焓可以增强来自气缸2720的缸筒(例如图示的设置用于容纳活塞组件2710的缸筒)的传热。在某些实施例中,冷却剂通道2752和2754可以包括管状通道、歧管或其他导流部件以提供从一个或多个节气门2724和2726到气缸2720的局部空间区域的节流流体的流动,并且随后将流体返回至流体控制系统(例如其中可以包括回流管线和容器)。活塞式发动机2700可以包括任意合适数量的稳压室2722,稳压室2722可以但并非必须互连。例如,稳压室2722可以包括多个稳压室,每一个都独立可控以为气缸2720的局部空间区域提供可选择的冷却。在另一个示例中,稳压室2722可以包括单个稳压室,其可以耦合至多个节气门以为气缸2720的局部空间区域提供可选择的冷却。多个节气门可以独立可控,或以其他方式具有特有的限流性质以控制气缸2720的一个或多个局部空间区域的冷却。在某些实施例中,利用节流流体来冷却气缸2720可以允许控制气缸温度以及气缸220和活塞组件2710之间的间隙。在某些实施例中,气缸几何特性(例如尺寸、形状或上述两者)的直接或间接测量可以由控制系统用于控制通过局部冷却剂通道2752和2754实现的冷却。例如,可以预期在燃烧段2730附近、TDC附近有较高的工作温度,并且可以对区域2732提供增强的冷却以限制温度域。在另一个示例中,在某些情况下,可以对区域2732提供减弱的冷却以增大对应的缸筒和相关的间隙。增强或减弱冷却可以通过增强或减弱节气门的节流作用、调节节流流体的温度、调节节流流体的流速、任意其他合适的调节或其任意组合来提供。节流流体可以包括任意合适的冷却剂流体,冷却剂流体可以是液体或气体。例如,节流流体可以包括乙二醇、丙二醇、水、酒精、空气、任意其他合适的流体或其任意组合(例如用水稀释的乙二醇)。气缸2720可以包括用于向活塞式发动机2700的合适区段供应流体或从活塞式发动机2700的合适区段排出流体(例如空气、燃料、废气或其组合)的任意合适的端口2770。

[0102] 图28根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机2800的具有局部冷却剂通道2826的一部分的截面图(平行于缸筒轴线)。活塞式发动机2800可以包括具有稳压室2822的气缸2820。气缸2820可以包括构造用于容纳活塞组件2810的缸筒,活塞组件2810构造用于沿着基本平行于矢量2850和2860的矢量积的方向基本线性地运动。尽管在图28中图示为环形的稳压室,但是稳压室2822可以包括任意合适的管道形状,设置用于提供任意合适的流动路径。冷却剂可以流过节气门2824,流入局部冷却剂通道2826以冷却气缸2820中对应的空间区域。在图示的实施例中,冷却剂从节气门2824径向向内流动(如图28中的四个

径向向内指的箭头所示)并随后沿着由矢量2850和矢量2860的矢量积给出的方向(垂直于图28的平面的 $2850 \times 2860$ )流动。冷却剂的返回流动路径在图28中并未示出,并且可以包括径向、轴向或上述两者的流动路径。在某些实施例中,节气门2824可以在局部的流体通道2826中生成流体射流,其可以冲击在气缸2820中的空间区域上,导致在该区域相对增强的对流传热。尽管在图28中图示为具有四条对称的局部冷却剂通道2826,但是活塞式发动机2800可以包括任意合适数量的、以任意合适的对称或非对称结构设置在任意合适的轴向位置处、并耦合至任意合适数量的稳压室或其他冷却剂来源的局部冷却剂通道。

[0103] 图29根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机2900的具有局部热源的一部分的截面图,所述局部热源包括电加热器2922、2923、2924、2925、2926和2927。每一个电加热器2922、2923、2924、2925、2926和2927可以包括由适当的控制系统用于控制提供给加热器的电压、电流、电功率或其组合的一根或多根电引线。例如,电加热器2922和2923可以被用于单独或联合地对燃烧段2930附近的区域2932提供加热(例如用于增大气缸2920和活塞组件2910之间的间隙)。在另一个示例中,电加热器2924、2925、2926和2927可以被用于加热对应的区域2934和2936。局部热源例如电加热器可以被用于提供气缸的一个或多个空间区域的相对快速的热控制。在某些实施例中,气缸几何特性(例如尺寸、形状或上述两者)的直接或间接测量可以由控制系统用于控制局部热源。例如,每一个电加热器2922、2923、2924、2925、2926和2927可以由控制系统响应于检测到的温度、压力、间隙、窜漏气体性质、功相互作用、任意其他合适的指标或其任意组合来单独控制。气缸2920可以包括用于向活塞式发动机2900的合适区段供应流体或从活塞式发动机2900的合适区段排出流体(例如空气、燃料、废气或其组合)的任意合适的端口2970。

[0104] 图30根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机3000的一部分的截面图,其中包括可以被用于加热、冷却或上述两种用途的流体通道3022和3024。在某些实施例中,加热流体、冷却流体或上述两者可以供应至流体通道3022和3024,流体通道3022和3024可以但不是必须互连。例如,流体可以如图30的四个箭头所示供应至流体通道3022和3024以及从流体通道3022和3024排出(例如用于具有供给和返回端口的环形流体通道)。在某些实施例中,流体通道3022和3024可以是局部热源。例如,流体通道3022和3024可以独立可控以为相应的区域3032和3034提供加热。流体通道3022和3024可以通过用作用于加热流体的管道来提供加热,加热流体可以包括例如先前受热的冷却剂、排出的流体(例如来自于燃烧段的高温燃烧产物)、任意其他合适的加热流体或其任意组合。在某些实施例中,流体通道3022和3024可以被用于加热和冷却气缸3020的空间区域。例如,加热流体可以提供给流体通道3022以提高区域3032的温度(例如用于增大缸筒直径和间隙),而冷却流体可以提供给流体通道3024以降低区域3034的温度(例如用于减小缸筒直径和间隙)。在另一个示例中,加热流体或冷却剂可以根据控制系统的判定结果来提供给流体通道3022。气缸3020可以包括用于向活塞式发动机3000的合适区段供应流体或从活塞式发动机3000的合适区段排出流体(例如空气、燃料、废气或其组合)的任意合适的端口3070。

[0105] 在某些实施例中,气缸可以被构造成经历与例如在图22和图27-30的背景下介绍的气缸的受控温度或其改变相对应的热变形。受控温度或其改变可以对应于气缸的局部空间区域。冷却剂、加热流体、节流流体、电阻式加热器、任意其他合适的用于控制温度的部件或特征或其任意组合的使用可以允许控制系统控制活塞式发动机的一种或多种性质例如

间隙。

**[0106] 【各种方法的组合】**

[0107] 在某些实施例中,上述方法中的两种或多种可以加以组合。自居中特征、流体轴承、加热管、冷却剂通道、可变形的气缸套以及任意其他合适的部件或特征可以适当地组合以实现根据本公开所述的活塞式发动机。

[0108] 例如,图31根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞组件3100的具有密封件3104、流体轴承元件3108和自居中特征3106的一部分的透视图。活塞组件3100可以包括活塞面3102、密封件3104、自居中特征3106、流体轴承元件3108、任意其他合适的部件(未示出)或其任意组合。在某些实施例中(如图所示),自居中特征3106可以是密封件3104的一部分。例如,密封件3104可以包括自居中特征3106,其可以是机械加工的台阶或轴承元件中的其他合适的特征。在某些实施例中(未示出),自居中特征3106可以是活塞面3102的一部分。例如,自居中特征3106可以是台阶、一个或多个槽式凹口、渐缩部或活塞组件3100中所包括的其他特征。从任意合适的流体源供应的气体可以经由内部流体通道(未示出)在活塞组件3100中分配,并且随后可以流过流体轴承元件3108(图31中示为多孔,但是可以使用任意合适的轴承元件)中的任意合适的部分。

[0109] 在另一个示例中,图32根据本公开的某些实施例示出了示范性活塞式发动机3200的截面图,其中的活塞组件3210具有轴承元件3214、加热管3250和自居中特征3212,并且其中的气缸3230具有可变形的缸套3232和冷却剂通道3236。活塞组件3210可以构造成在由具有间隙3260的可变形缸套3232形成的缸筒内平移。施加的控制为适当压力的缸套流体可以经由端口3233提供给通道3234以调节间隙3260。轴承流体可以提供给通道3218并从轴承元件3214流出和流入间隙3260以有助于使活塞组件3210在缸筒内居中。自居中特征3212可以有助于使活塞组件3210在缸筒内居中。合适的冷却剂可以提供给气缸3230中的冷却剂通道3236以从气缸3230或其中的各个部分带走热量。具有加注端口3282的加热管3250可以有助于从活塞面3202向活塞组件3210的另一部分散热的热量传输。端口3270可以被用于供应氧化剂和/或燃料、供应和/或排放驱动气体或者排放来自于气缸中某一段的废气。在某些实施例中,一种或多种方法的组合可能需要考虑一种或多种附加的因素。例如,在某些实施例中,活塞组件可以包括设置用于利用窜漏气体提供自居中作用力的自居中特征和设置用于向间隙提供轴承流体的轴承元件。自居中特征可能因此需要一部分窜漏气体沿间隙流动以提供自居中作用力。在一定的条件下,窜漏气体在间隙中的流动可能会通过改变轴承流体在间隙中的流动模式而影响到轴承元件的性能。因此,在自居中特征后方(相对于燃烧段)具有轴承元件的某些实施例中,窜漏气体可以在横穿自居中特征附近的间隙部分之后但是在进入轴承元件附近的间隙部分之前被引导离开间隙。此外,在某些设置方式中,轴承元件可以包括自居中特征以及用于引导轴承流体的、可延伸至活塞面的孔的集合。因此,在某些这样的实施例中,不需要采用引导窜漏气体离开间隙的手段。先前的示例能够可选地应用于附加于燃烧段或除了燃烧段以外的气体驱动段。

**[0110] 【间隙和/或其他性质的控制】**

[0111] 在某些实施例中,活塞式发动机的操作中的一个或多个方面可以被控制或以其他方式被管理从而影响活塞式发动机的温度、间隙、任意其他合适的性质或其任意组合。在某些实施例中,控制活塞式发动机的温度、压力或其他合适的性质可以有助于管理活塞式发

动机中的间隙。例如,相对较大的温差可以造成活塞式发动机的某些部件的变形例如膨胀,这样可以影响间隙。控制温差和/或温度域可以有助于减小变形,并且相应地可以有助于管理间隙。管理间隙可以包括管理能够影响到间隙的任意其他合适的性质。

[0112] 图33是根据本公开的某些实施例用于活塞式发动机3340的示范性控制装置3300的方块图。控制系统3310可以与耦合至活塞式发动机3340的一个或多个传感器3330通信。控制系统3310可以被设置用于与辅助系统3320通信,辅助系统3320可以用于调节活塞式发动机3340的各个方面或各种性质。在某些实施例中,控制系统3310可以被设置用于通过用户接口系统3350与用户互动。

[0113] 控制系统3310可以包括处理设备3312、通信接口3314、传感器接口3316、控制接口3318、任意其他合适的部件或模块或其任意组合。控制系统3310可以至少部分地在一个或多个计算机、终端、控制台、手持式设备、模块、任意其他合适的接口设备或其任意组合中实现。在某些实施例中,如图33所示,控制系统3310的部件可以借助通信总线3311进行通信耦合。处理设备3312可以包括处理器(例如中央处理单元)、高速缓存、随机访问存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、能够处理通过传感器接口3316从传感器3330接收到的活塞式发动机3340的相关信息的任意其他合适的部件或其任意组合。传感器接口3316可以包括用于给传感器3330供电的电源、信号调制装置、信号预处理器、任意其他合适的部件或其任意组合。例如,传感器接口3316可以包括用于调制和预处理来自于传感器3330的信号的滤波器、放大器、采样器和模数转换器。传感器接口3316可以借助通信耦合3319与传感器3330通信,通信耦合3319可以是有线连接(例如使用IEEE802.3的以太网或通用串行总线接口)、无线耦合(例如使用IEEE802.11“Wi-Fi”或蓝牙)、光学耦合、感应耦合、任意其他合适的耦合方式或其任意组合。控制系统3310且更加具体地说是处理设备3312可以设置用于在相关的时间尺度上为活塞式发动机3340提供控制。例如,一个或多个温度的变化可以响应于一个或多个检测到的发动机运行参数而是可控的,并且控制可以在与活塞式发动机的运行相关的时间尺度上提供(例如响应足够快以避免过热和/或部件故障)。

[0114] 传感器3330可以包括任意合适类型的传感器,其可以被设置用于测量活塞式发动机3340的任意合适的性质或方面。在某些实施例中,传感器可以包括被设置用于测量辅助系统3320的某一方面和/或系统性质的一个或多个传感器。在某些实施例中,传感器3330可以包括温度传感器(例如热电偶、电阻性温度检测装置、热敏电阻或光学温度传感器),被设置用于测量活塞式发动机3340的部件的温度、引入活塞式发动机3340或从活塞式发动机3340回收的流体的温度或者上述两者。在某些实施例中,传感器3330可以包括一个或多个压力传感器(例如压电式压力变送器),被设置用于测量活塞式发动机3340的某一区段(例如燃烧段或气体驱动段)内的压力、引入活塞式发动机3340或从活塞式发动机3340回收的流体的压力或者上述两者。在某些实施例中,传感器3330可以包括一个或多个力传感器(例如压电式力变送器),被设置用于测量活塞式发动机3340内的作用力例如张力、压力或剪切力(例如可以指示摩擦力或其他相关作用力的信息)。在某些实施例中,传感器3330可以包括一个或多个电流和/或电压传感器(例如耦合至活塞式发动机3340的LEM的电流表和/或电压表),被设置用于测量电压、电流、输出功和/或输入功(例如电流乘以电压)、活塞式发动机3340和/或辅助系统3320的任意其他合适的电性质或其任意组合。

[0115] 控制接口3318可以包括有线连接(例如使用IEEE 802.3的以太网或通用串行总线

接口)、无线耦合(例如使用IEEE 802.11“Wi-Fi”、蓝牙或其他的RF通信协议)、光学耦合、感应耦合、任意其他合适的耦合方式或其任意组合,以用于与一个或多个辅助系统3320通信。在某些实施例中,控制接口3318可以包括数模转换器以为任意或全部的辅助系统3320提供模拟控制信号。

[0116] 辅助系统3320可以包括冷却系统3322、压力控制系统3324、气体驱动控制系统3326和/或任意其他合适的控制系统3328。冷却/加热系统3322可以包括泵、流体容器、压力调节装置、旁路装置、散热器、流体管道、电功率电路(例如用于电加热器)、任意其他合适的部件或其任意组合以为活塞式发动机3340提供冷却、加热或上述两者。压力控制系统3324可以包括泵、压缩机、流体容器、压力调节装置、流体管道、任意其他合适的部件或其任意组合以为活塞式发动机3340提供(并且可选地接收)压力受控的流体。气体驱动控制系统3326可以包括压缩机、气体容器、压力调节装置、流体管道、任意其他合适的部件或其任意组合以为活塞式发动机3340提供(并且可选地接收)驱动气体。在某些实施例中,其他的系统3328可以包括装有阀的系统例如凸轮操作的系统或螺线管系统以为活塞式发动机3340提供氧化剂和/或燃料。

[0117] 用户接口3315可以包括有线连接(例如使用IEEE 802.3的以太网或通用串行总线接口、口环式密封的RCA型连接)、无线耦合(例如使用IEEE 802.11“Wi-Fi”、红外或蓝牙)、光学耦合、感应耦合、任意其他合适的耦合方式或其任意组合,以用于与一个或多个用户接口系统3350通信。用户接口系统3350可以包括显示器3352、键盘3354、鼠标3356、音频设备3358、任意其他合适的用户接口设备或其任意组合。显示器3352可以包括显示屏例如阴极射线管显示屏、液晶显示屏、发光二极管显示屏、等离子显示屏、任意其他合适的能够向用户提供图形、文字、图像或其他视觉信息的显示屏或其任意组合。在某些实施例中,显示器3352可以包括触摸屏,其可以通过例如在显示屏上给出一条或多条软件指令来提供与用户的触摸式互动。显示器3352可以显示关于活塞式发动机3340、控制系统3310、辅助系统3320、用户接口系统3350的任意合适的信息(例如活塞式发动机3340的某一性质的时间序列)、任意其他合适的信息或其任意组合。键盘3354可以包括QWERTY键盘、数字式小键盘、任意其他合适的硬件指令按钮的集合或其任意组合。鼠标3356可以包括任意合适的能够控制在显示屏上显示的图形化用户界面上的光标或图表的点击设备。鼠标3356可以包括手持式设备(例如能够二维或三维地运动)、触摸板、任意其他合适的点击设备或其任意组合。音频设备3358可以包括麦克风、话筒、耳机、任意其他合适的用于提供和/或接收音频信号的设备或其任意组合。例如,音频设备3358可以包括麦克风,且处理设备3312可以处理通过用户对麦克风说话生成的、经由用户接口3315接收的音频指令。

[0118] 在某些实施例中,控制系统3310可以被设置用于通过接收一项或多项用户输入来提供人工控制。例如,在某些实施例中,控制系统3310可以基于传感器的反馈超驰自动控制设定,并将用于辅助系统3320的控制信号建立在针对用户接口系统3350的一项或多项用户输入的基础之上。在另一个示例中,用户可以输入用于一个或多个控制变量(例如温度、压力、流速、输入功/输出功或其他变量)的设定值,并且控制系统3310可以基于设定值来执行控制算法。

[0119] 在某些实施例中,操作特征(也就是活塞式发动机3340或辅助系统3320的期望性质取值的集合)可以由厂商、用户或以上两者预定义。例如,特定的操作特征可以存储在处

理设备3312的存储器中,并且可以被访问以提供一种或多种控制信号。在某些实施例中,可以由用户更改一种或多种操作特征。装置3300可以被用于保持、调节或以其他方式管理所述的操作特征。

[0120] 图34是根据本公开的某些实施例用于调节活塞式发动机的间隙的示范性步骤的流程图3400。

[0121] 步骤3402可以包括利用传感器3330检测间隙指标。间隙指标可以是(例如冷却剂、加热流体、气缸、活塞或其他部件或其中的一部分的)温度、压力、作用力、距离(例如间隙)、功相互作用(例如电磁功输出)、材料(例如窜漏气体或其性质)、任意其他合适的可检测性质或其任意组合。传感器接口3316可以接收来自于传感器3330的间隙指标的状态和/或进行预处理,并向处理设备3312输出传感器信号。在某些实施例中,间隙指标可以存储并与活塞式发动机的一种或多种工作状态相关联。例如,气缸温度可以与燃料流量相关联,并存储为数学表达式或表。因此,步骤3402可以包括检测活塞式发动机的一种或多种工作状态,并重新调用存储的可用于进一步处理的气缸温度值。

[0122] 步骤3404可以包括处理设备3312至少部分地基于步骤3402中检测到的间隙指标来确定控制响应。处理设备3312可以从传感器接口3316接收传感器信号并基于传感器信号执行一种或多种处理函数。处理函数可以包括在公式或其他的数学表达式中输入传感器信号值、在查询表或其他数据库中使用传感器信号值、任意其他合适的处理或其组合。处理设备3312可以基于一种或多种处理函数的输出确定控制响应。例如,算出的值可以与预定的阈值相比较以确定合适的控制响应。在另一个示例中,一个或多个算出的值可以被输入控制算法(例如比例-积分-微分(PID)控制算法),然后即可确定一个或多个控制信号值。

[0123] 步骤3406可以包括处理设备3312至少部分地根据步骤3404中确定的控制响应利用控制接口3318向一个或多个辅助系统3320提供控制信号。控制信号可以是模拟信号、数字信号或其组合(例如模拟信号与数字时序信号的组合),其可以被提供作为电信号(例如利用线缆)、电磁信号(例如利用IEEE 802.11“Wi-Fi”或蓝牙接收器/发射器)、光信号(例如利用光纤电缆)、感应信号(例如利用合适的感应线圈)或其他合适的信号类型。

[0124] 步骤3408可以包括一个或多个辅助系统3320接收在步骤3406获得的用于调节活塞式发动机3340的间隙或其他性质的控制信号。一个或多个辅助系统3320可以基于提供的控制信号来调节压力、温度、流速、流动路线、电流、电压、电功率、实现任意其他合适的调节或其任意组合。如图34中的虚线箭头所示,任意或全部的步骤3402-3408可以重复执行以允许闭环控制。在某些实施例中,可以使用开环方法,其中步骤3402可以(但不是必须)省略,并且开环地执行步骤3404-3408。

[0125] 在某些设置方式中,活塞式发动机的气缸和/或活塞组件或其中包含的流体的温度域可以是间隙的主要且方便的指标,并且温度域可以相应地被主动调节以调节间隙。在示范性的示例中,步骤3402可以包括检测温度例如气缸温度或冷却剂(例如提供给活塞式发动机的气缸的冷却剂通道的冷却剂)的温度。步骤3404可以包括确定如何调节温度域以保持或以其他方式管理间隙,而步骤3406可以包括向合适的辅助系统提供对应的控制信号。例如,气缸温度可以通过降低冷却剂的流速而升高,这样可以通过热膨胀而增大间隙。在另一个示例中,气缸温度可以通过增加冷却剂的流速而降低,这样可以通过热收缩而减小间隙。在另一个示例中,可以调节在多于一组流体通道中的冷却剂或加热流体的流量以

控制气缸中多个区域的温度域(例如参见图22)。参照先前的示例,可以基于步骤3406的控制信号,通过调节例如流量控制阀、泵的转速、旁路流量控制阀、压力调节装置、任意其他合适的用于控制流速的控制装置或其任意组合来调节冷却剂或加热流体的流量。在另一个示范性示例中,步骤3402可以包括检测温度例如在活塞式发动机的气缸内的加热管的温度(例如加热管或其中的加热管流体的温度)。步骤3404可以包括确定如何调节温度域以保持或以其他方式管理间隙,而步骤3406可以包括向合适的辅助系统提供对应的控制信号。例如,加热管温度可以通过增加加热管内的流体的压力(例如通过向加热管中加入流体或减小加热管的体积)而升高,这样可以增大间隙。在另一个示例中,加热管温度可以通过降低加热管的压力(例如通过从加热管排出流体或增大加热管的体积)而降低,这样可以减小间隙。参照先前的示例,可以基于步骤3406的控制信号,通过调节例如流量控制阀、压力调节装置、止回阀、任意其他合适的用于控制加热管压力的控制装置和加热管中所包括的适当的流体端口或其任意组合来调节(例如具有流体端口或其他可调节特征的)加热管内的流体的性质。

[0126] 图35是根据本公开的某些实施例用于调节活塞式发动机的一种或多种性质的示范性步骤的流程图3500。

[0127] 在某些实施例中,可以利用一个或多个传感器3330检测间隙指标。传感器接口3316可以从传感器3330接收原始信号并向处理设备3312提供传感器信号。例如,步骤3502可以包括利用温度传感器例如定位成与气缸的一部分相接触或定位在气缸的一部分附近(例如燃烧段附近)的热电偶来检测活塞式发动机3340的气缸温度。在某些情况下,气缸温度的升高可以表示能够影响间隙的冷却不足。在另一个示例中,步骤3504可以包括利用温度传感器例如定位成与活塞组件的一部分相接触或定位在活塞组件的一部分附近(例如活塞面附近)的热电偶来检测活塞式发动机3340的活塞温度。在某些情况下,活塞温度的升高可以表示能够影响间隙的冷却不足。在另一个示例中,步骤3506可以包括利用温度传感器例如定位成与流体相接触或定位在流体附近(例如利用合适的测量端口插入到流体管道中)的热电偶来检测活塞式发动机3340中的流体(例如可以提供给活塞式发动机3340或者从活塞式发动机3340排出的冷却剂、加热流体或废气)的温度。例如,在某些情况下,冷却剂温度的升高可以表示能够影响间隙的冷却不足。在另一个示例中,步骤3507可以包括利用压力传感器例如定位成与冷却剂相接触或定位在冷却剂附近(例如利用合适的测量端口插入到管道中)的压电变送器来检测活塞式发动机3340中的燃烧段、气体驱动段、间隙、冷却剂、加热流体、任意其他的流体或其任意组合的压力。在另一个示例中,步骤3508可以包括利用力传感器和/或温度传感器例如定位成与部件的接口相接触或定位在部件的接口附近的压电变送器和/或热电偶来检测活塞式发动机3340中的部件之间的摩擦。在某些情况下,摩擦效果(例如摩擦力或摩擦产生的热)的增强可以表示间隙不足。在另一个示例中,步骤3509可以包括检测活塞式发动机3340中的间隙的一种或多种性质。所述的一种或多种性质可以包括间隙的厚度(例如利用接近度传感器譬如感应传感器)、间隙的不对称性(例如利用多个接近度传感器譬如感应传感器)、窜漏气体的温度(例如利用温度传感器)、窜漏气体的压力(例如利用压力传感器)、窜漏气体的组成(例如利用气体传感器譬如光波导吸收传感器)以及其他合适的性质或其任意组合。在另一个示例中,步骤3510可以包括利用电磁传感器(例如电压表、电流表或功率表)、压力变送器(例如检测压力以用于计算平均有效压力

(MEP) 譬如指示MEP、制动MEP和/或摩擦MEP) 或其他合适的传感器检测活塞式发动机3340的功相互作用以提供间隙的指示。在某些情况下, 功输出的减小或功输入需求的增加可以指示间隙不足和/或过大。

[0128] 步骤3512可以包括处理设备3312至少部分地根据任意或全部的在步骤3502、3504、3506、3508和3510中检测到的间隙指标来确定控制响应。处理设备3312可以从传感器接口3316接收传感器信号并基于传感器信号执行一种或多种处理函数。处理函数可以包括在公式或其他的数学表达式中输入传感器信号值、在查询表或其他数据库中使用的传感器信号值、任意其他合适的处理或其组合。处理设备3312可以基于一种或多种处理函数的输出确定控制响应。例如, 算出的值可以与预定的阈值相比较以确定合适的控制响应。在另一个示例中, 一个或多个算出的值可以被输入控制算法 (例如PID控制算法), 然后即可确定一个或多个控制信号值。

[0129] 步骤3514可以包括处理设备3312至少部分地根据步骤3512中确定的控制响应利用控制接口3318向一个或多个辅助系统3320提供控制信号。控制信号可以是模拟信号、数字信号或其组合 (例如模拟信号与数字时序信号的组合), 其可以被提供作为电信号 (例如利用线缆)、电磁信号 (例如利用IEEE 802.11 “Wi-Fi” 或蓝牙接收器/发射器)、光信号 (例如利用光纤电缆)、感应信号 (例如利用合适的感应线圈) 或其他合适的信号类型。

[0130] 在某些实施例中, 步骤3514中的控制信号可以由一个或多个辅助系统3320接收, 所述辅助系统3320可以调节活塞式发动机3340的间隙或其他性质。例如, 如步骤3516所示, 步骤3514中的控制信号可以由冷却/加热系统3322接收, 冷却/加热系统3322可以调节冷却剂或加热流体的温度。冷却/加热系统3322可以包括温度自动调节器或其他温度调节装置, 可以根据控制信号调节在步骤3516提供给活塞式发动机3340的冷却剂或加热流体的温度。在另一个示例中, 步骤3516可以包括调节一种或多种节流性质以控制节流流体温度的冷却/加热系统3322。在另一个示例中, 如步骤3518所示, 步骤3514中的控制信号可以由冷却/加热系统3322接收, 冷却/加热系统3322可以调节冷却剂或加热流体的流速。冷却/加热系统3322可以包括流量调节装置 (例如计量阀或孔板), 可以根据控制信号调节在步骤3518提供给活塞式发动机3340的冷却剂或加热流体的流速。在另一个示例中, 步骤3518可以包括调节一种或多种节流性质以控制节流流体流速的冷却/加热系统3322。在另一个示例中, 如步骤3520所示, 步骤3514中的控制信号可以由冷却/加热系统3322接收, 冷却/加热系统3322可以在步骤3520调节冷却剂或加热流体的流动路线。冷却/加热系统3322可以包括一个或多个阀、节气门或其他流量控制装置, 可以根据控制信号引导和控制提供给活塞式发动机3340的去往和/或来自一条或多条流体通道的冷却剂或加热流体的流速。在另一个示例中, 如步骤3522所示, 步骤3514中的控制信号可以由压力控制系统3324接收, 压力控制系统3324可以在步骤3522调节加热管的一种或多种性质。压力控制系统3324可以包括一个或多个阀以及流体容器, 并且可以根据控制信号 (例如通过向加热管供应流体或从加热管排出流体来) 调节活塞式发动机3340的加热管内的流体压力。在另一个示例中, 如步骤3524所示, 步骤3514中的控制信号可以由压力控制系统3324接收, 压力控制系统3324可以调节用于活塞式发动机3340的可变形气缸套的气缸套流体的压力和/或流量。压力控制系统3324可以包括一个或多个阀、泵以及流体容器, 并且可以根据控制信号 (例如通过升高或降低气缸套通道中的压力来) 调节气缸套流体的压力和/或流速, 并相应地调节活塞式发动机

3340的可变形气缸套的变形。在另一个示例中,如步骤3526所示,步骤3514中的控制信号可以由其他的系统3328接收,其他的系统3328可以调节活塞式发动机3340的一种或多种性质。其他的系统3328可以包括任意合适的部件以用于实现在步骤3526至少部分地根据控制信号调节活塞式发动机3340的一种或多种性质。例如,其他的系统3328可以包括被设置用于向内置在活塞式发动机3340中的一个或多个电阻式加热器提供电力的电源,并且步骤3526可以包括调节提供给电阻式加热器的电压、电流或上述两者。

[0131] 流程图3400-3500中任意的示范性步骤均可根据本公开而与其他步骤组合、省略、重新设置或以其他方式更改。

[0132] 上述内容仅仅是本公开原理的示范性说明,并且本领域技术人员可以完成各种变型而并不背离本公开的范围。为了示范性且非限制性的目的给出上述的实施例。本公开也可以采用与本文明确介绍的内容不同的多种形式。因此,要强调的是本公开并不局限于明确公开的方法、系统和装置,而是应该理解为包括落在所附权利要求的实质以内的、本公开的各种修改和变型。



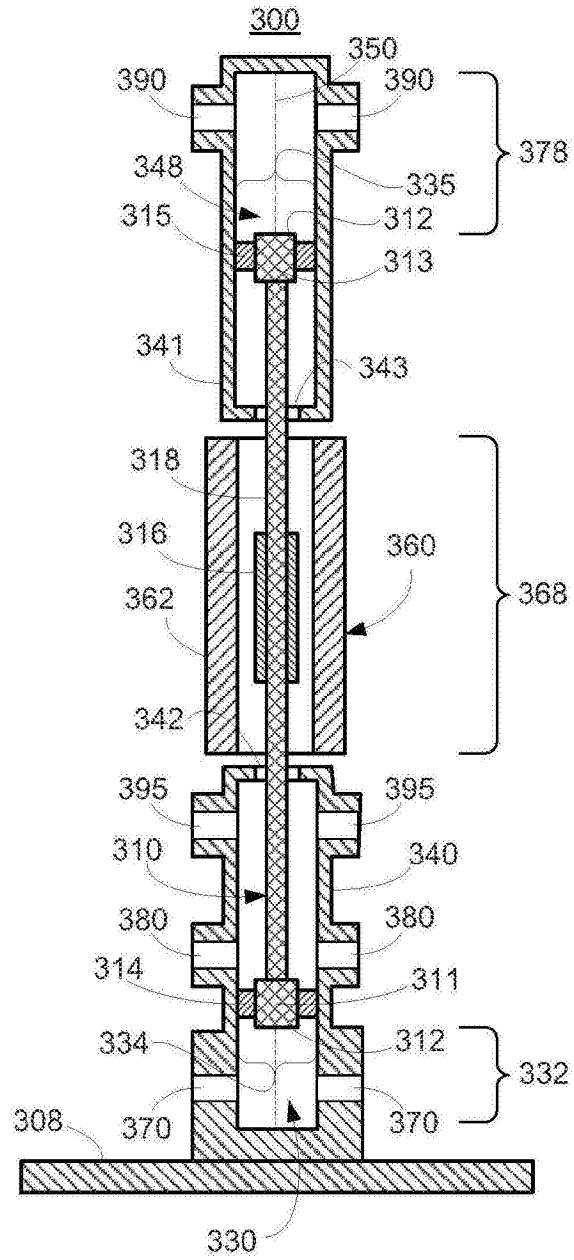


图3

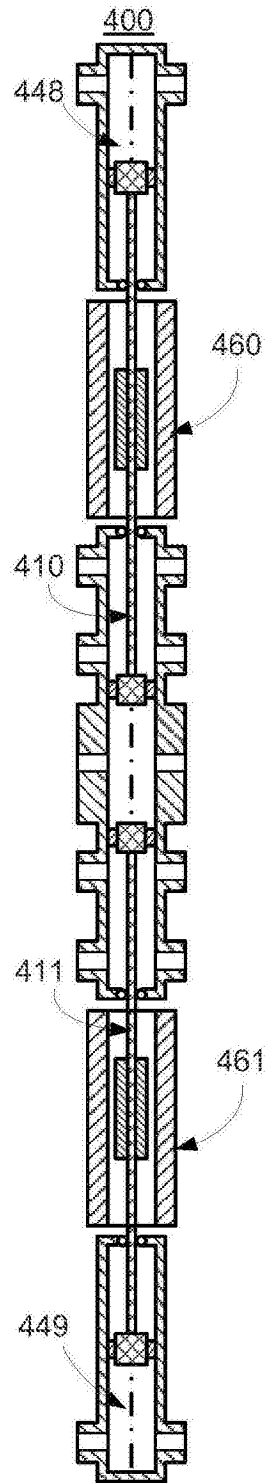


图4

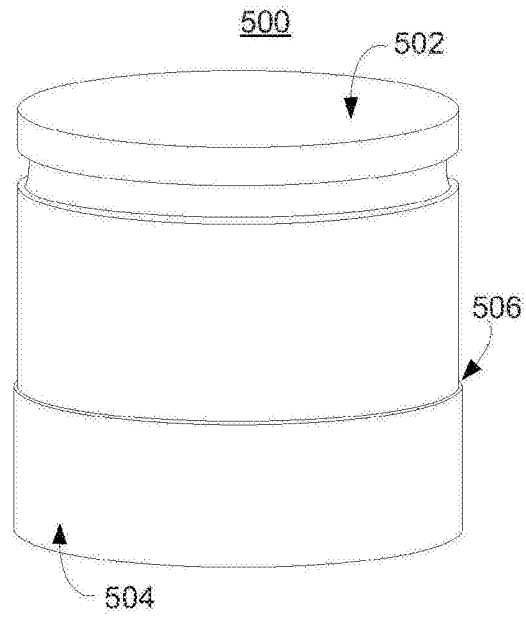


图5

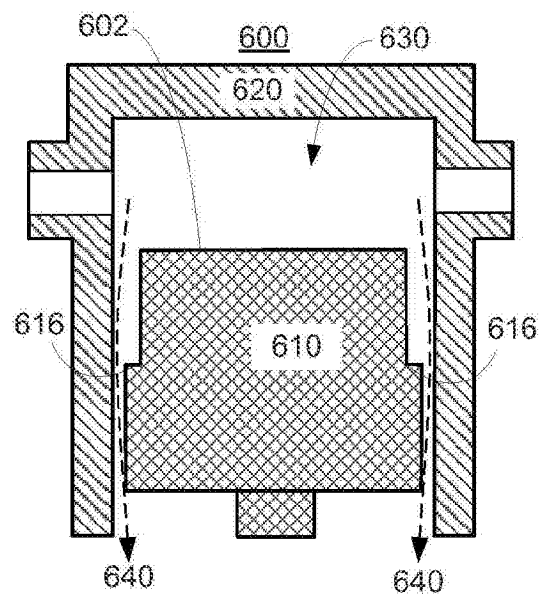


图6

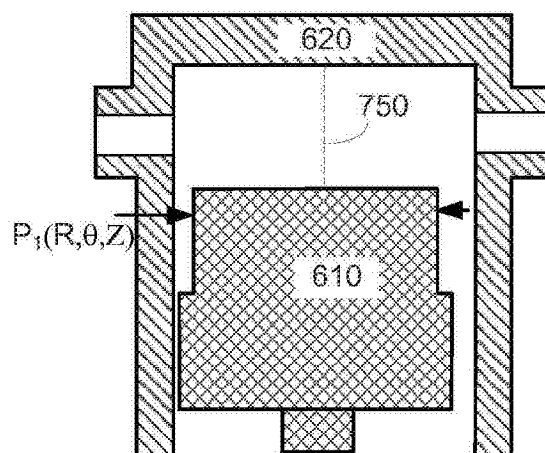


图7

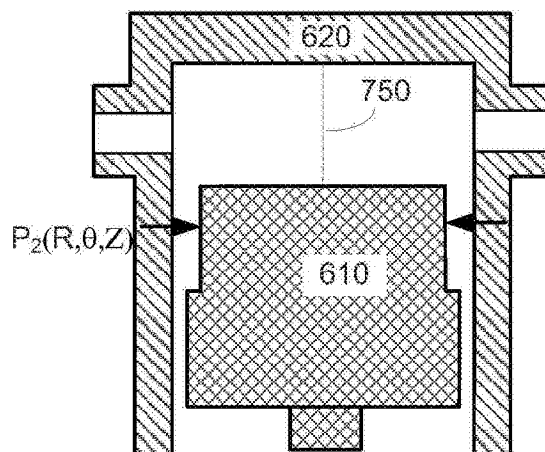


图8

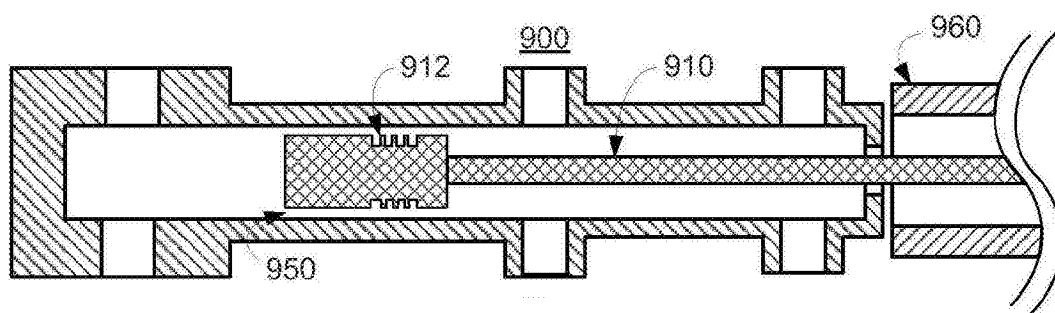


图9

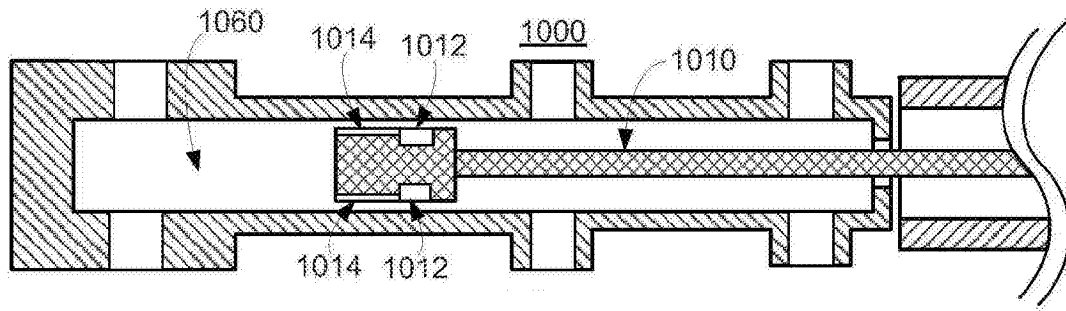


图10

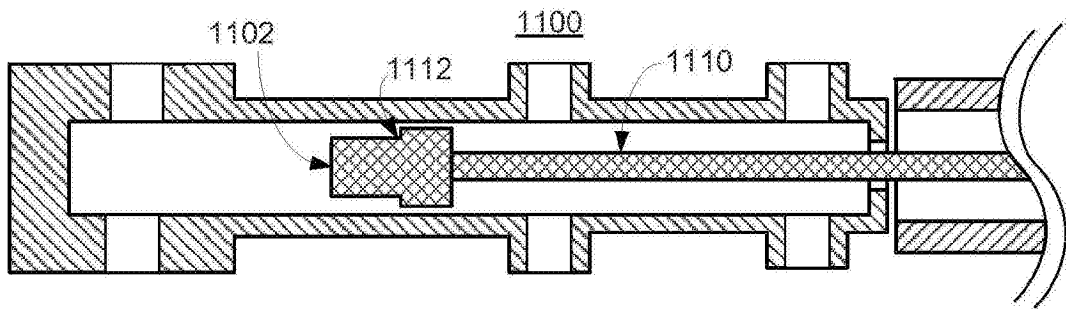


图11

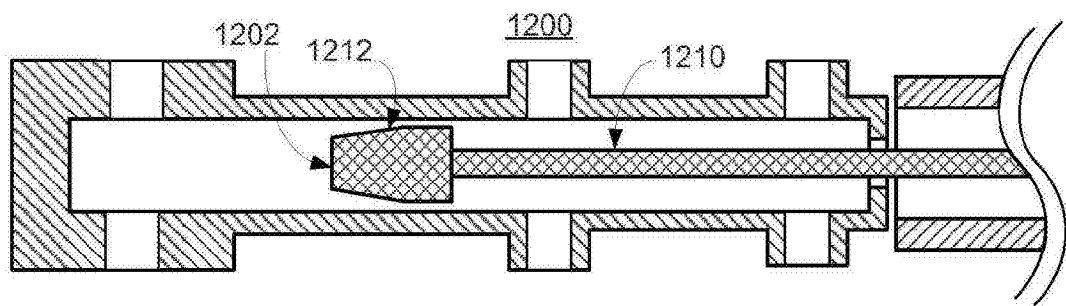


图12

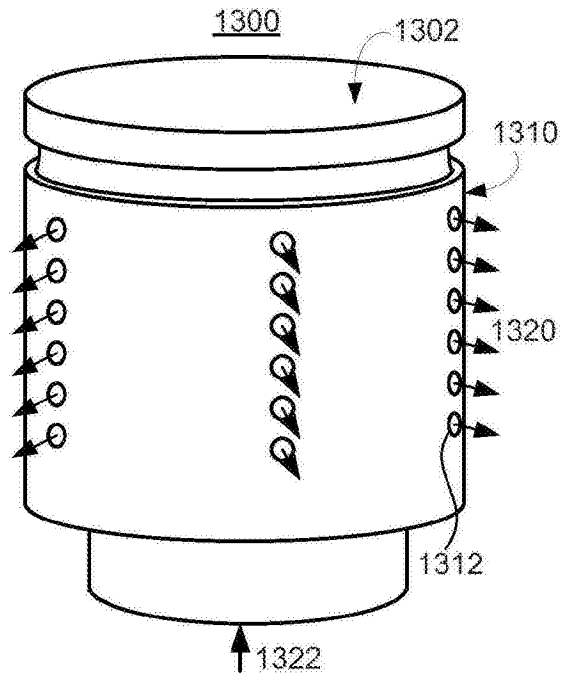


图13

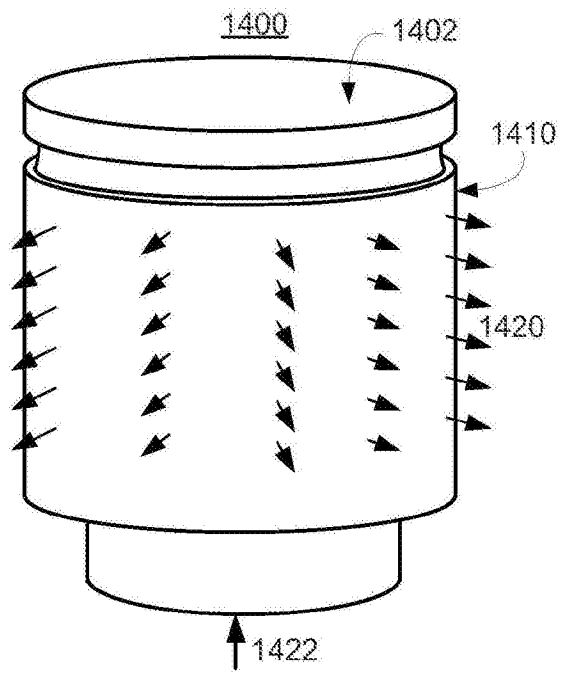


图14

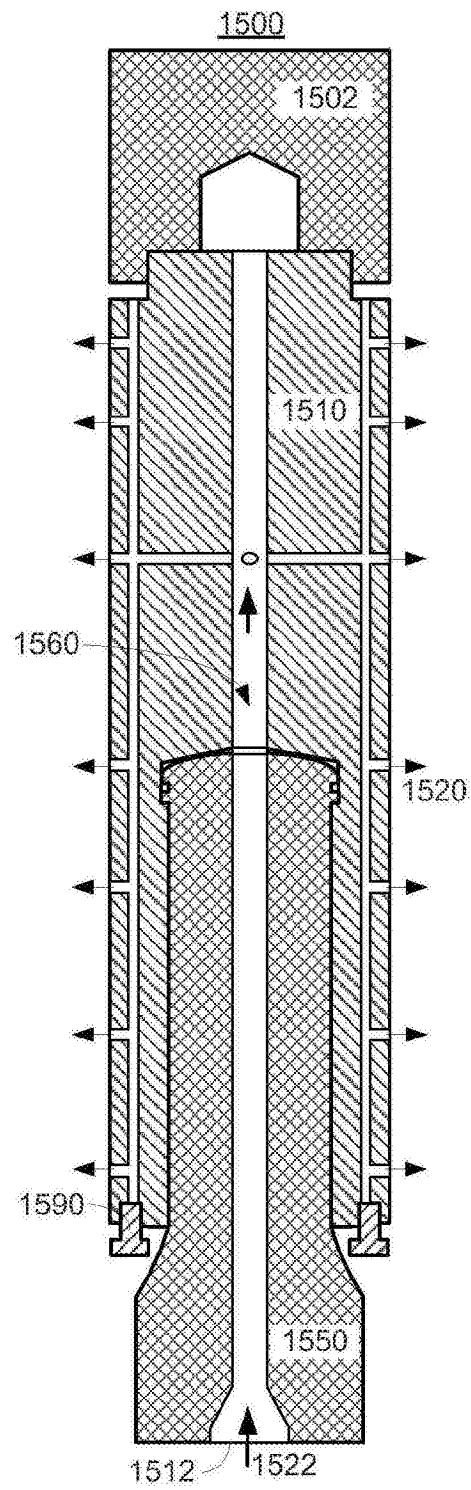


图15

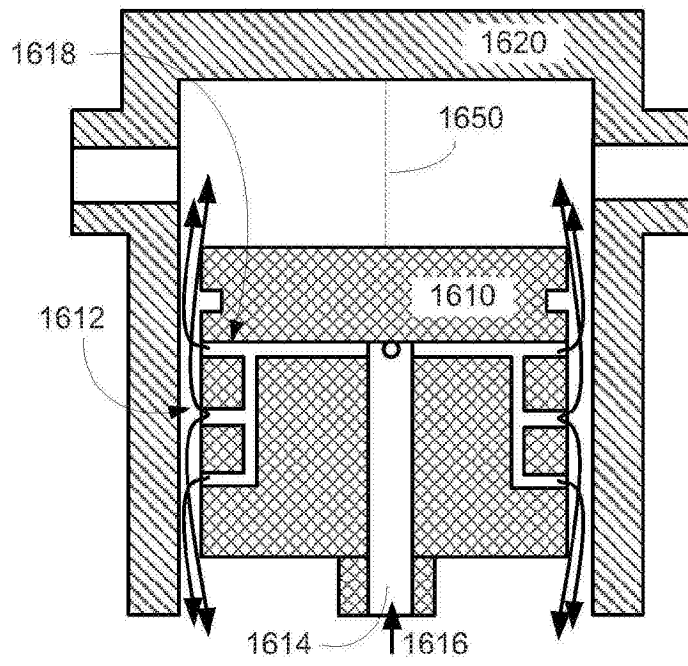


图16

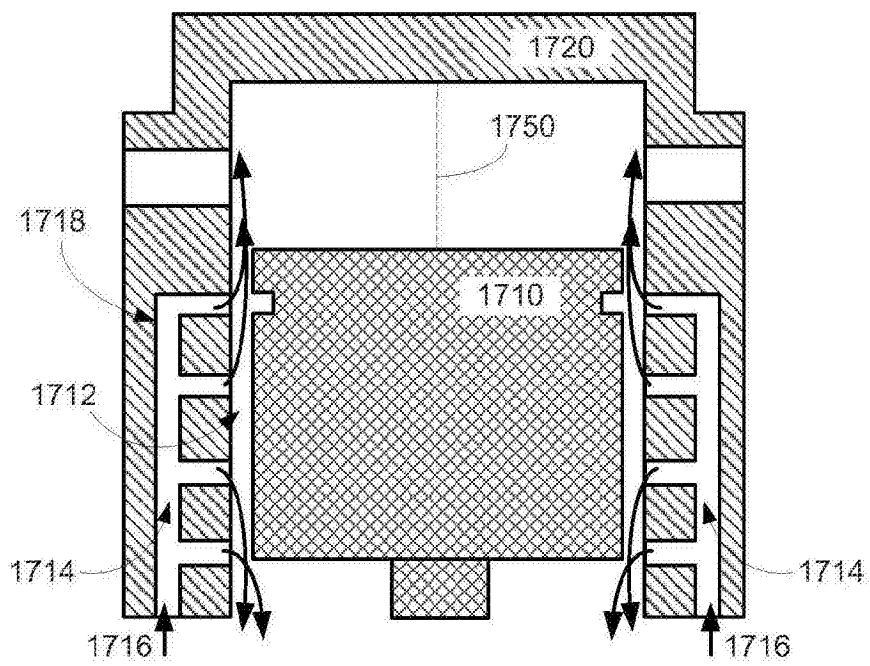


图17

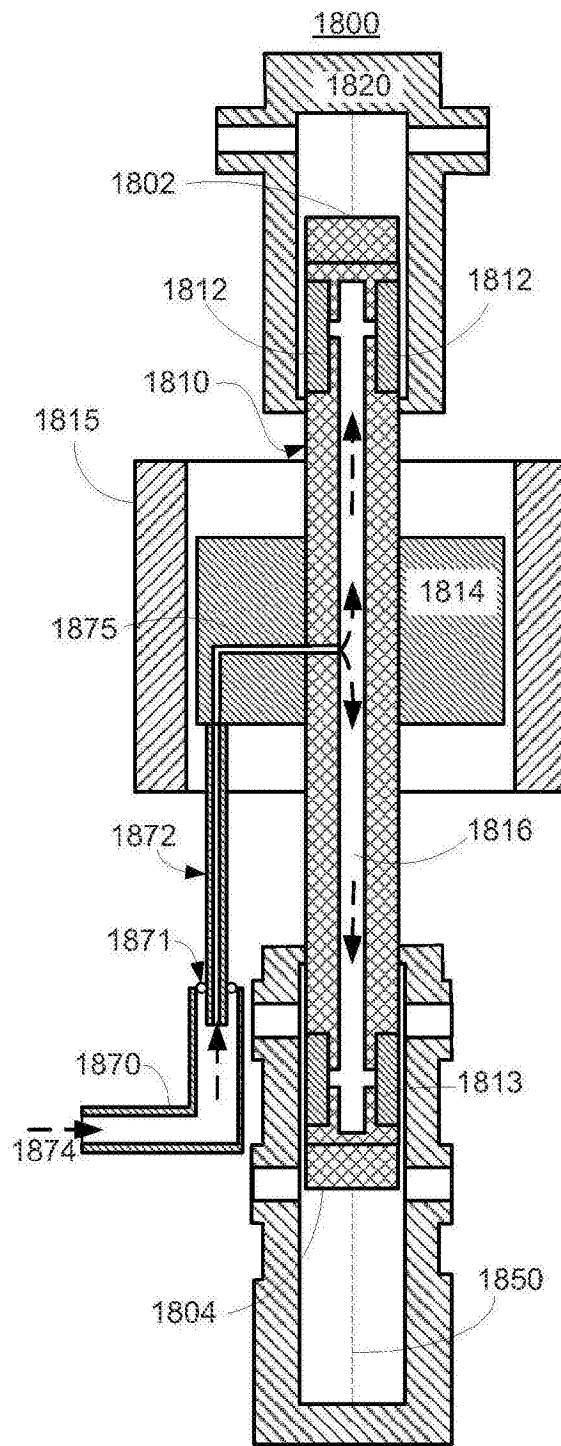


图18

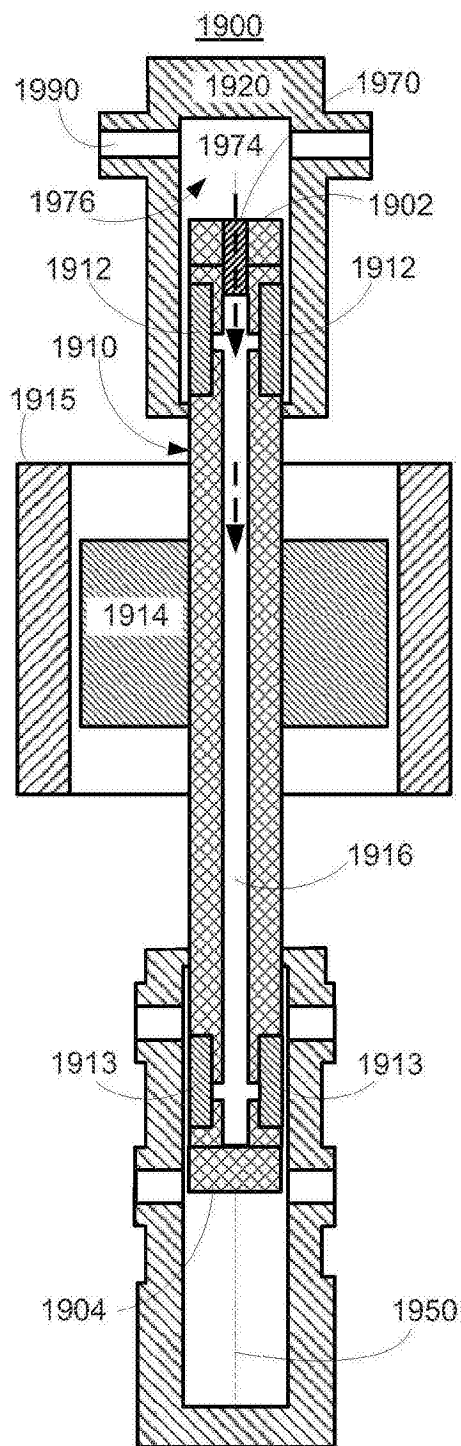


图19

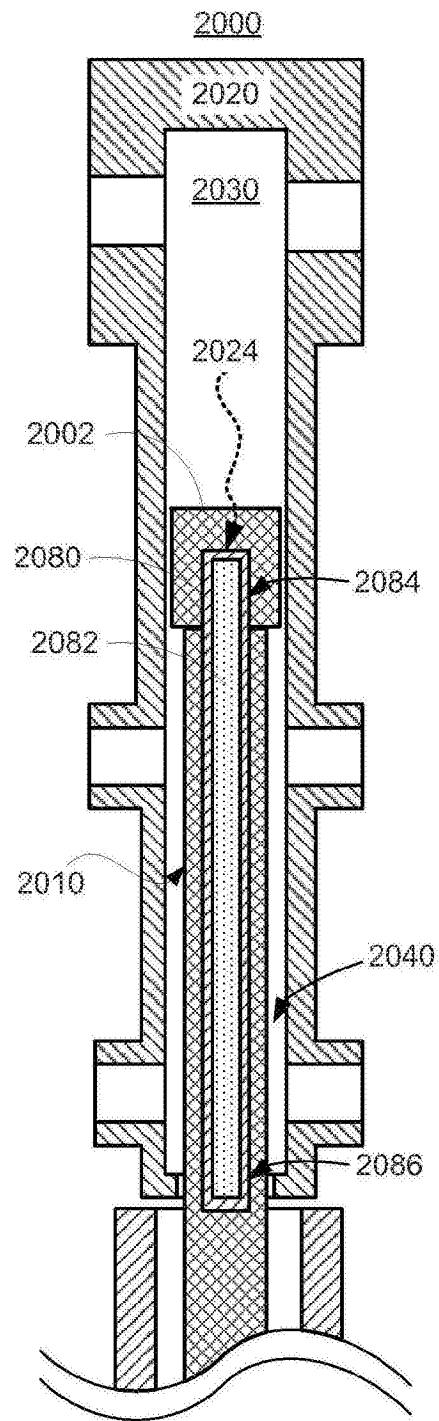


图20

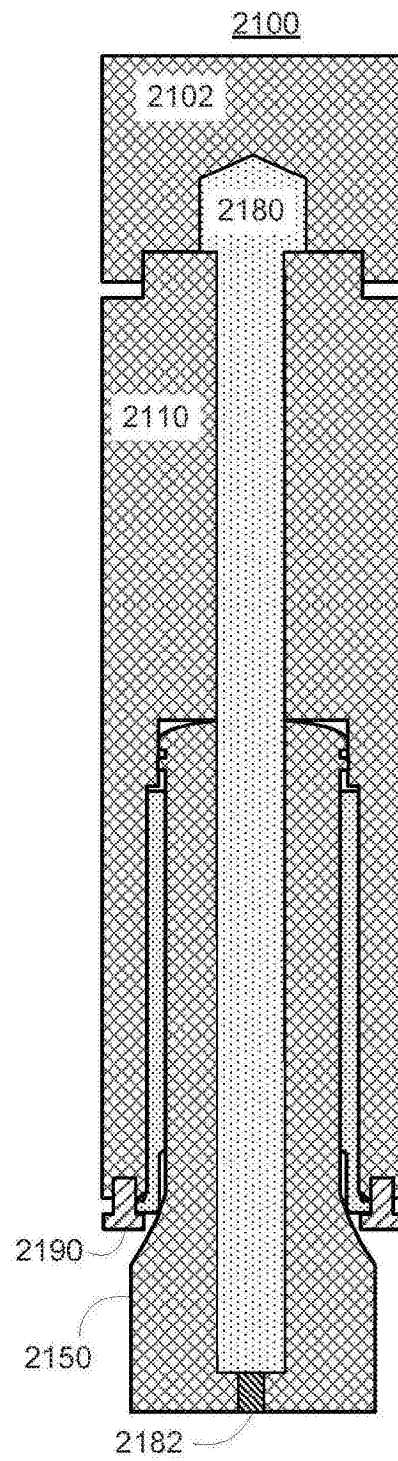


图21

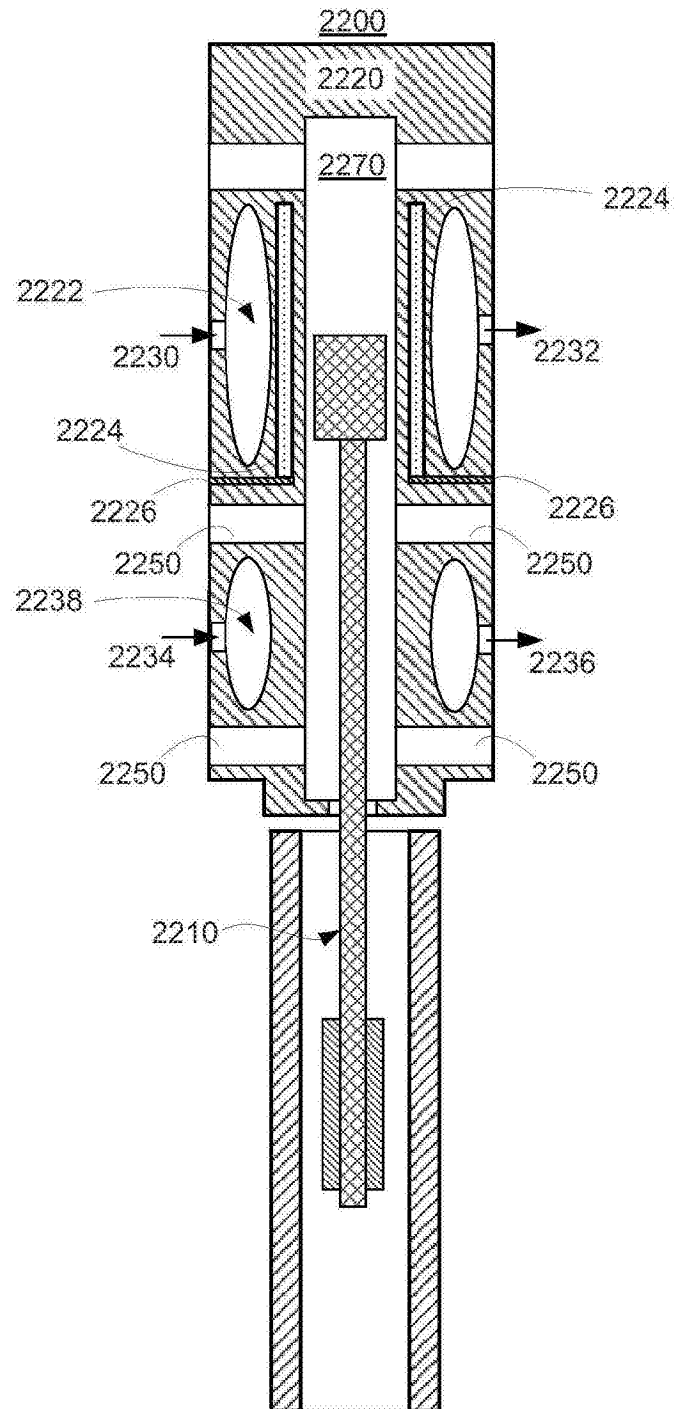


图 22

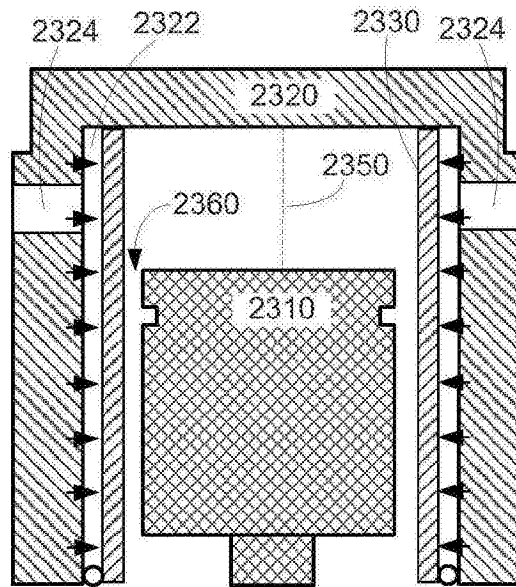


图23

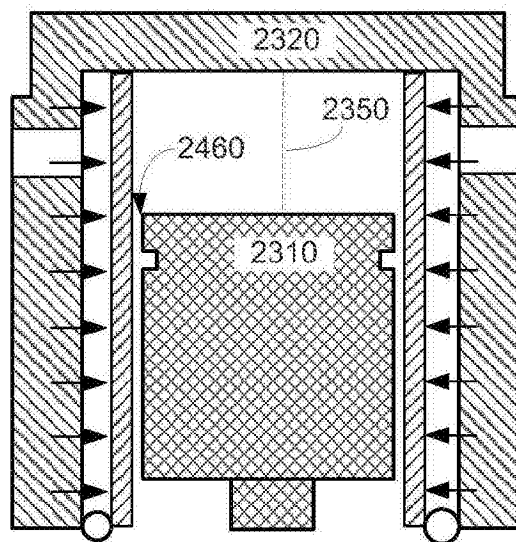


图24

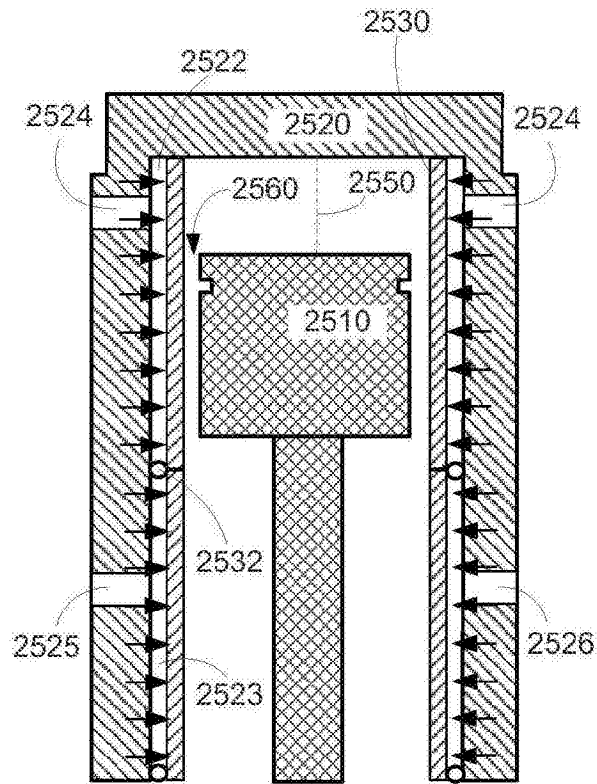


图25

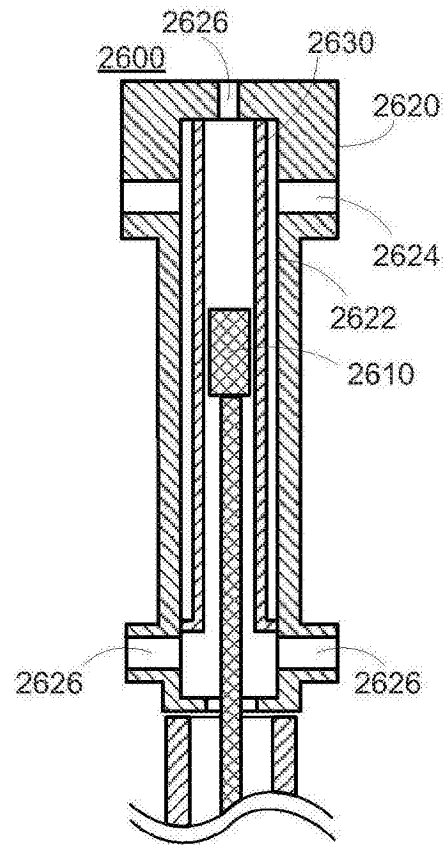


图26

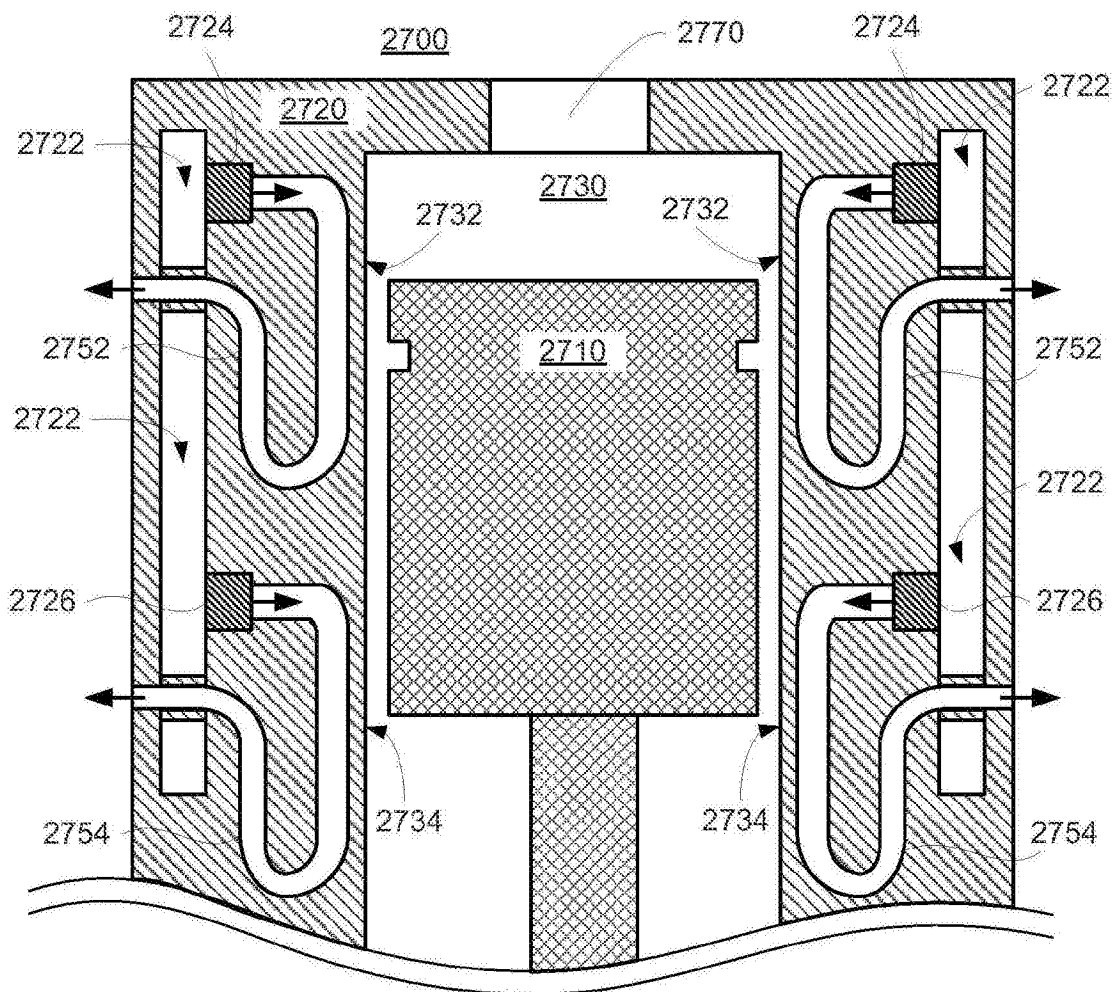


图27

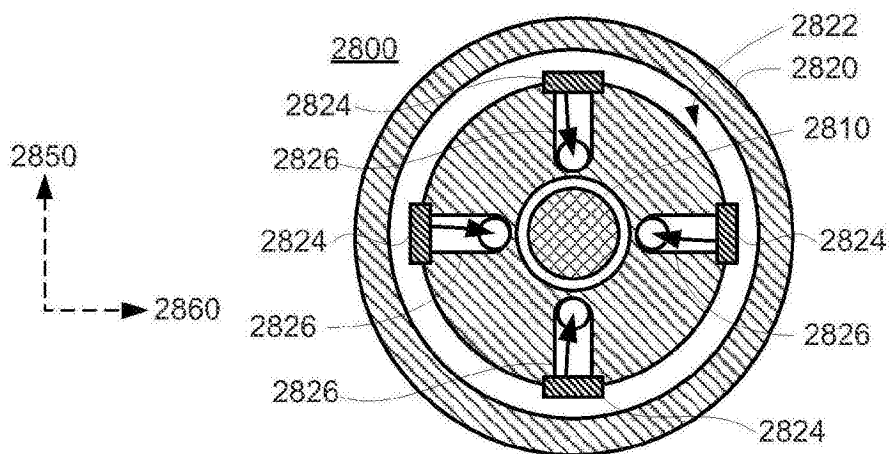


图28

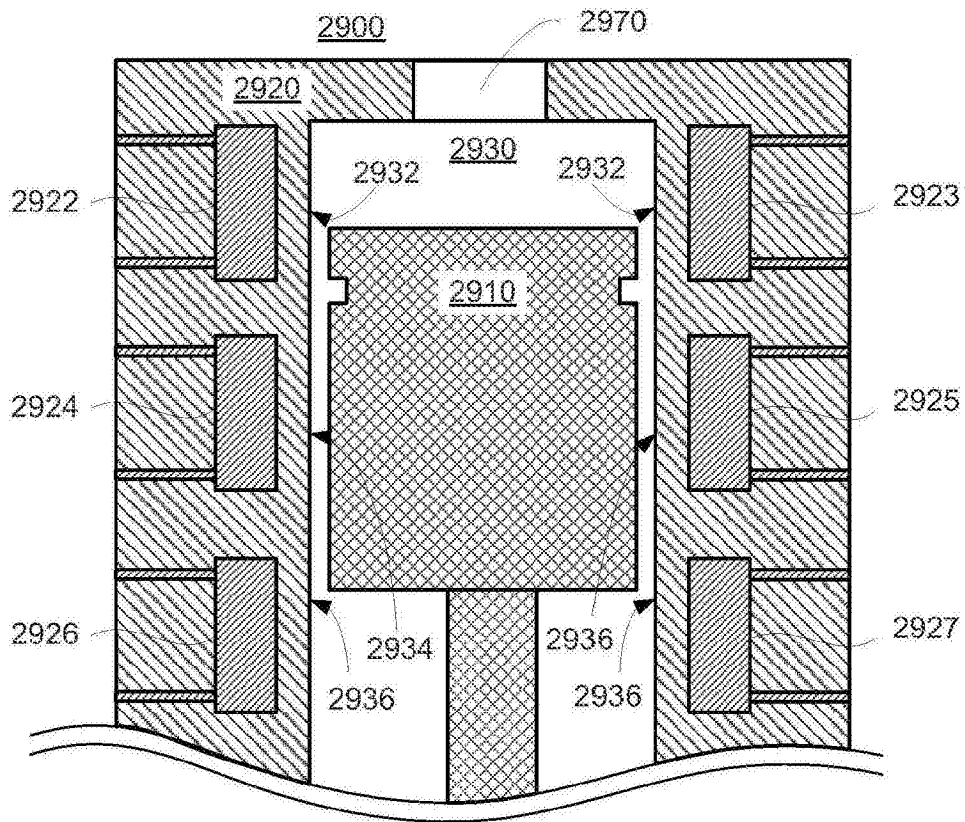


图29

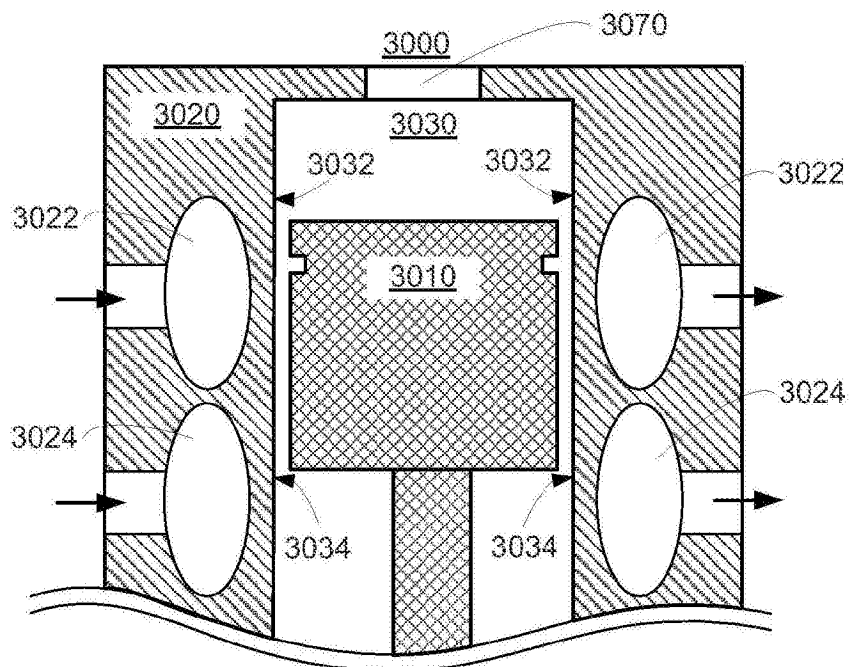


图30

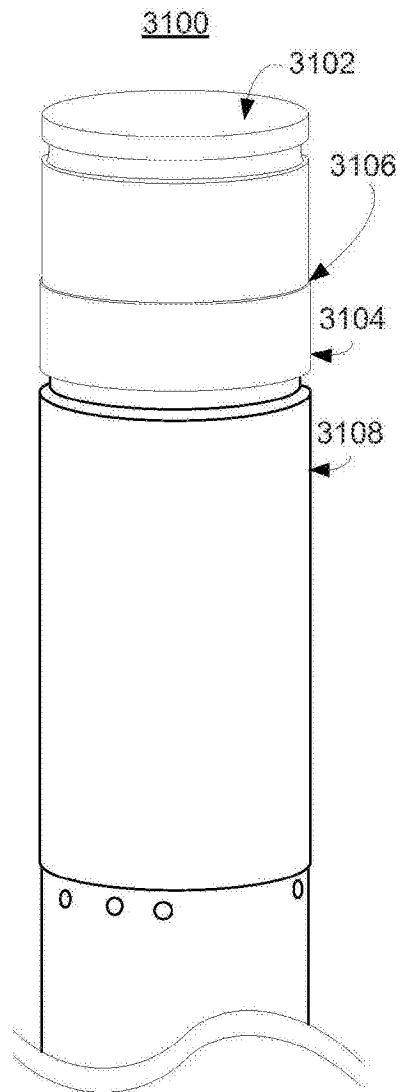


图31

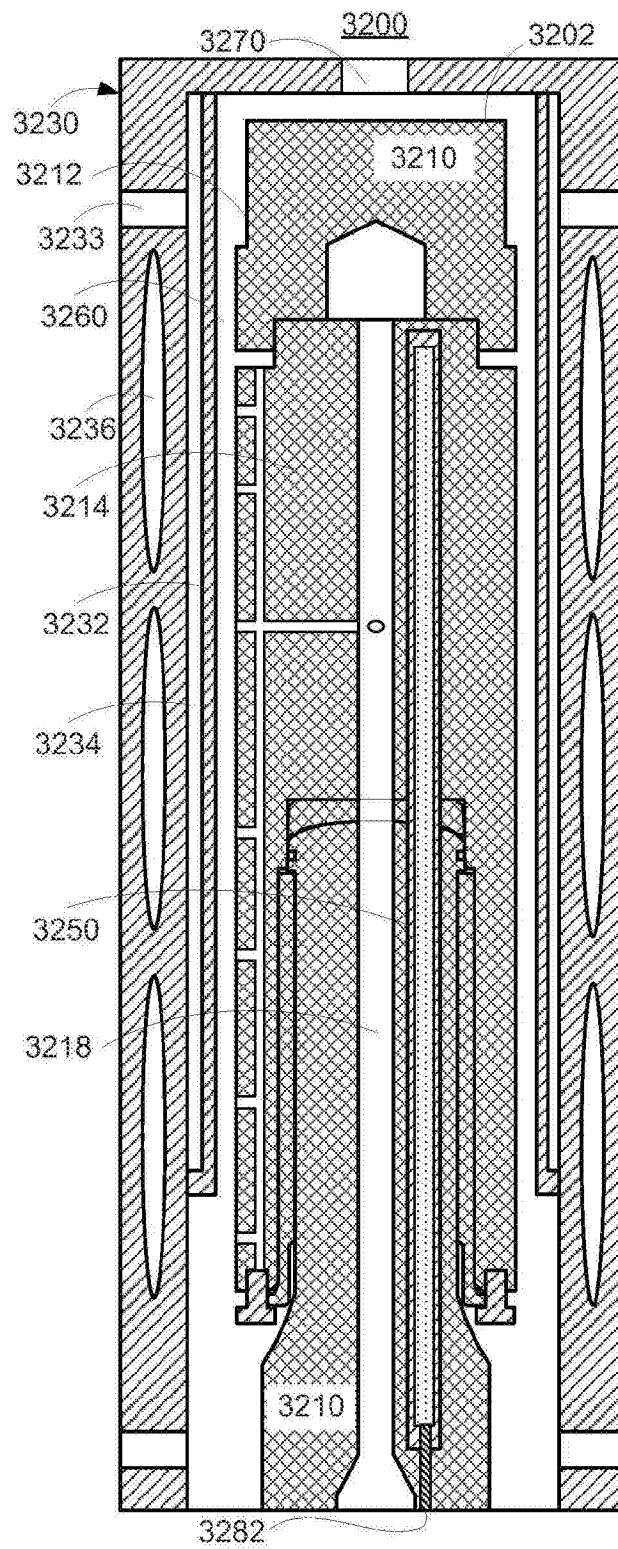


图32

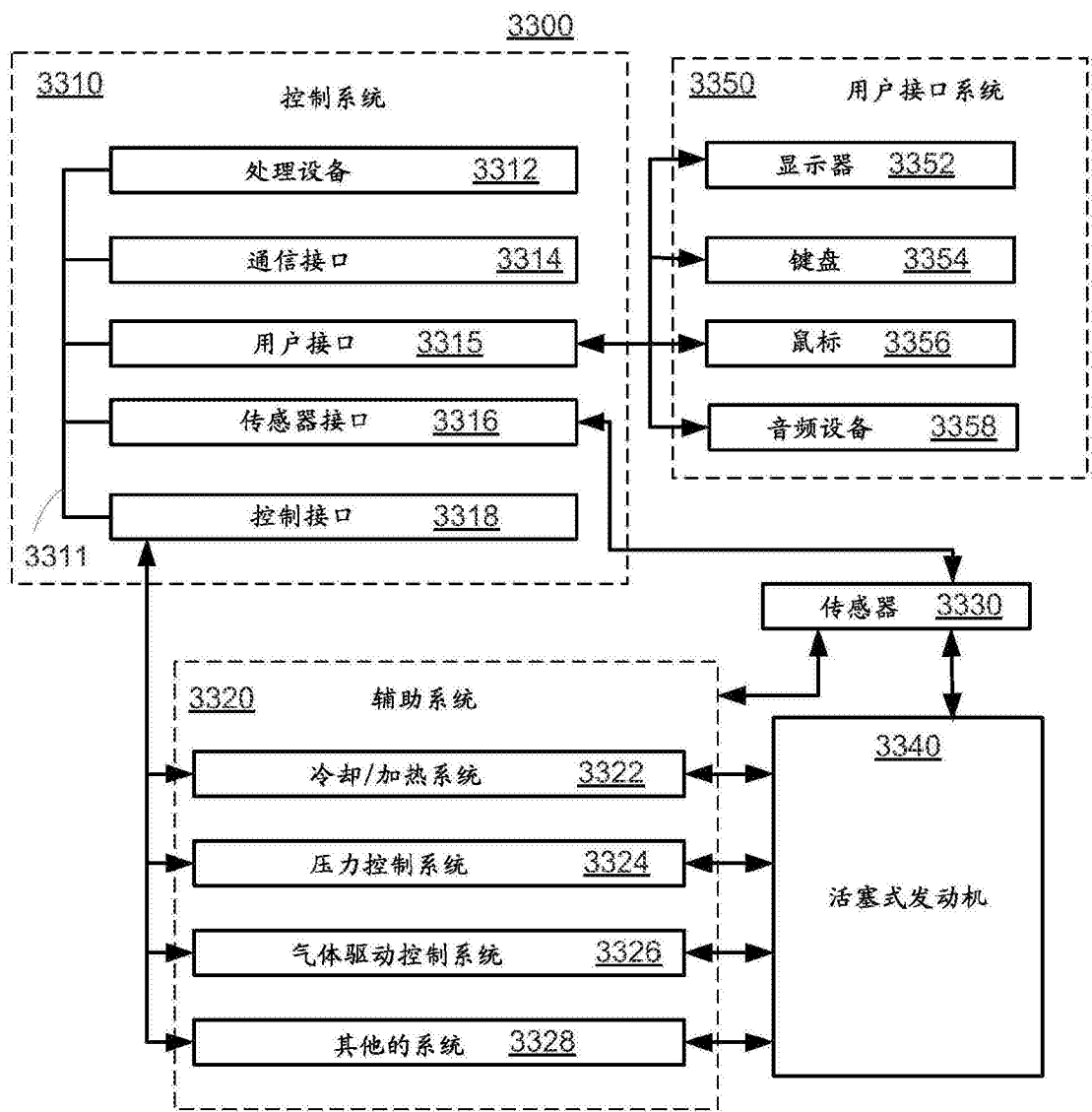


图33

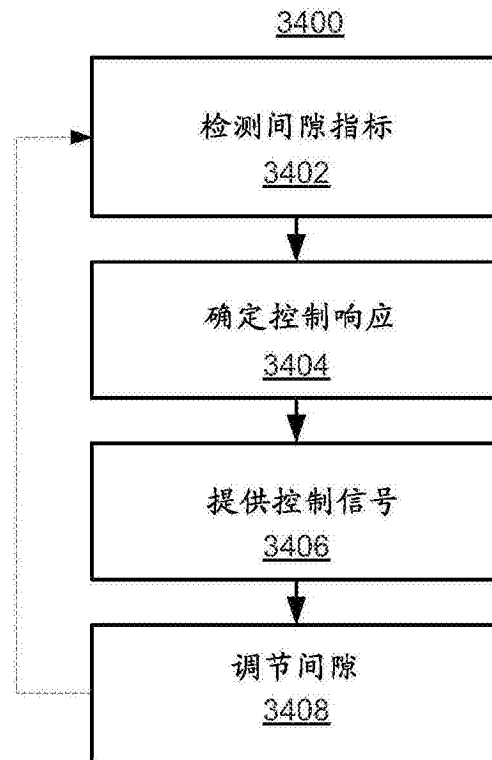


图34

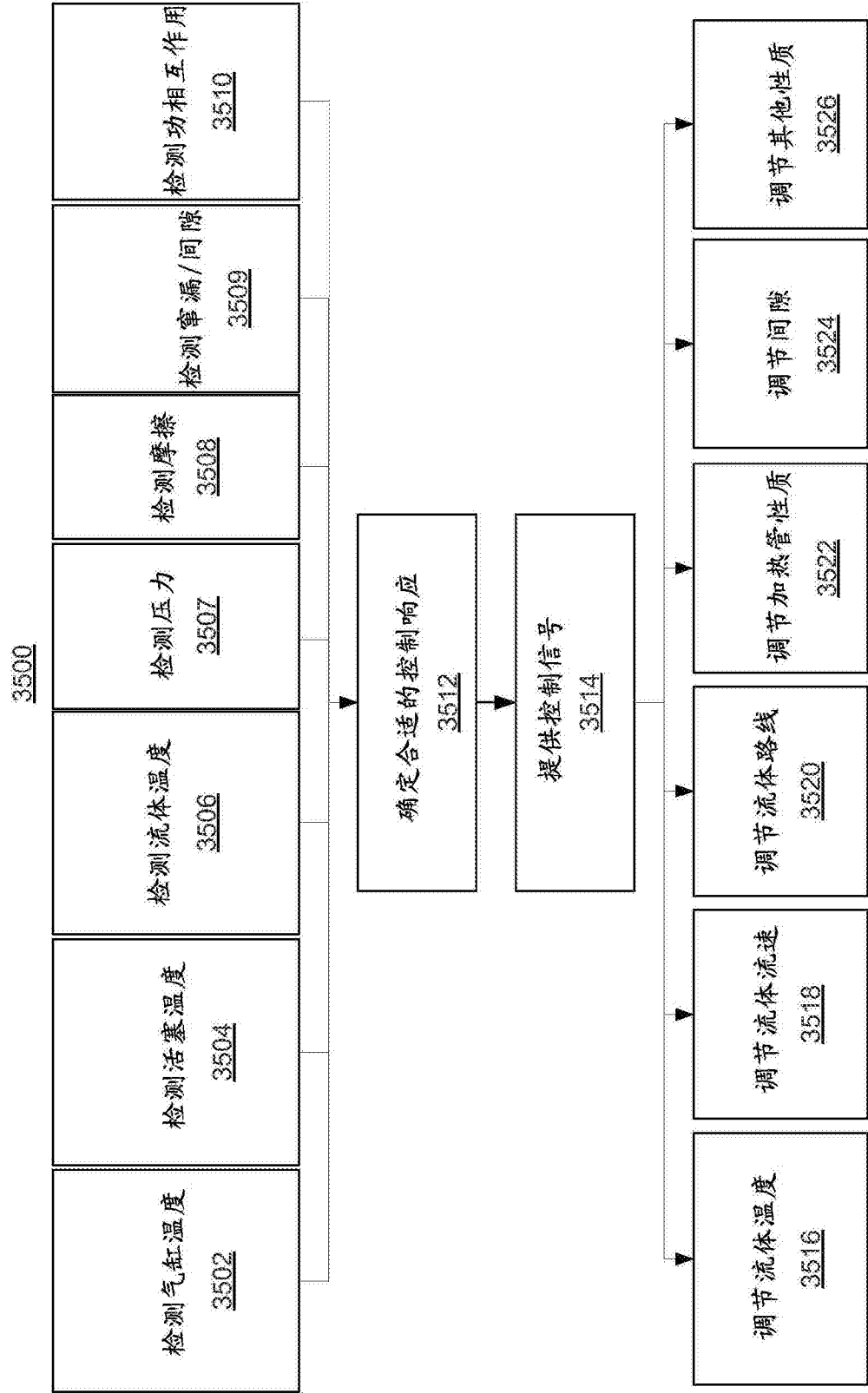


图35