



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104685183 B

(45)授权公告日 2017. 11. 03

(21)申请号 201380051110.4

(22)申请日 2013.10.02

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104685183 A

(43)申请公布日 2015.06.03

(30)优先权数据
61/714909 2012.10.17 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.03.30

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/062950 2013.10.02

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/062373 EN 2014.04.24

(73)专利权人 博格华纳公司

地址 美国密歇根州

(72)发明人 K·柳

(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 曾祥生

(51)Int.Cl.
F02B 39/14(2006.01)
F02B 39/00(2006.01)
F16C 27/02(2006.01)
F16C 32/06(2006.01)

审查员 周强

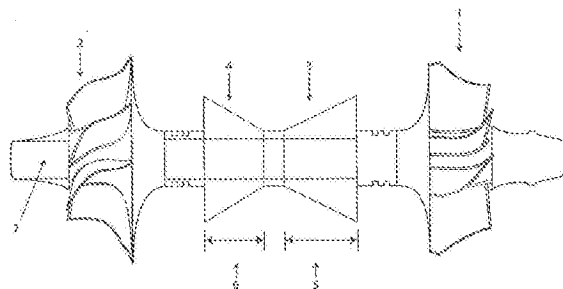
权利要求书1页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

一种适合用于支持可旋转轴的气体动压箔片轴承组件

(57)摘要

本发明提供了一种涡轮增压器轴承组件,该涡轮增压器轴承组件具有多个支持锥形转子元件(3,4,10,11,16,17,31,32)的箔片轴承组件(21,22,23,24,30,35,36,37,40,41,42,45,46,47,50,52)。



1. 一种适合用于支持可旋转轴的气体动压箔片轴承组件,该组件包括:
 - a. 两个锥形转子元件,每个转子元件具有一个圆形小端和一个圆形大端;以及
 - b. 二至六个箔片轴承,该箔片轴承具有一个兼容性部件和一个顶层箔片;其中这些锥形转子元件在被布置在一个可旋转轴上时是直接的端对端接触的以便被支持,并且其中这些锥形转子元件相接触的末端具有相同的尺寸。
2. 根据权利要求1所述的轴承组件,其中该兼容性部件是选自下组,该组由以下各项组成:波式箔片、金属网减震器以及半球形凸箔。
3. 根据权利要求1所述的轴承组件,其中这些锥形转子元件具有不等的尺寸。
4. 根据权利要求1所述的轴承组件,其中这些锥形转子元件的小端被布置在一起。
5. 根据权利要求3所述的轴承组件,其中这些锥形转子元件的小端被布置在一起。
6. 根据权利要求1所述的轴承组件,其中这些锥形转子元件的大端被布置在一起。
7. 根据权利要求3所述的轴承组件,其中这些锥形转子元件的大端被布置在一起。
8. 根据权利要求1所述的轴承组件,进一步包括一个轴承壳体。
9. 根据权利要求8所述的轴承组件,其中这些锥形转子元件的小端被布置在一起。
10. 根据权利要求8所述的轴承组件,其中这些锥形转子元件的大端被布置在一起。
11. 根据权利要求8所述的轴承组件,其中对于每个锥形转子元件而言,该轴承壳体具有1至5个空气进入端口。
12. 根据权利要求1所述的轴承组件,其中该顶层箔片被涂有一种固体润滑剂,该固体润滑剂是选自下组,该组由以下各项组成:聚亚酰胺、石墨、聚四氟乙烯以及二硫化钼。
13. 根据权利要求1所述的轴承组件,进一步包括一个垫片箔片。
14. 根据权利要求3所述的轴承组件,进一步包括一个垫片箔片。
15. 根据权利要求1所述的轴承组件,其中这些锥形转子元件涂有一种润滑剂,该润滑剂是选自下组,该组由以下各项组成:聚亚酰胺、石墨、聚四氟乙烯(PTFE)、二硫化钼(MoS₂)、PS304以及PS400。

一种适合用于支持可旋转轴的气体动压箔片轴承组件

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于10月17日提交的并且题为“具有支持在兼容性气体轴承上的锥形轴的无油涡轮增压器轴轴承组件 (An Oil-Free Turbocharger Bearing Assembly Having Conical Shaft Supported On Compliant Gas Bearings.)”的美国临时申请号61/714,909的优先权及所有权益。

[0003] 发明背景

[0004] 1.发明领域

[0005] 本发明涉及一种具有多个锥形转子元件的气体动压箔片轴承组件。该轴承组件用于内燃发动机的涡轮增压器中。该轴承组件还可以被用于其他涡轮机应用中,例如小型航空发动机。

[0006] 2.相关技术的说明

[0007] 涡轮增压器是一种与内燃发动机一起使用的强制进气系统。涡轮增压器将压缩过的空气传送到发动机进气端从而允许燃烧更多的燃料,因此增加了发动机的马力而没有明显地增加发动机的重量。因此,涡轮增压器允许使用较小的发动机而形成与较大的、正常吸气的发动机相同量的马力。在车辆中使用较小发动机具有减小车辆质量、提高性能并且增强燃料经济性的所希望效果。此外,使用涡轮增压器允许被递送至发动机的燃料的更完全燃烧,这有助于实现更清洁环境的这一高度希望的目标。

[0008] 涡轮增压器典型地包括连接至发动机的排气歧管上的一个涡轮机壳体、连接至发动机的进气歧管上的一个压缩机壳体、以及将该涡轮机壳体和压缩机壳体联接在一起的一个中央轴承壳体。涡轮机壳体内的一个涡轮机叶轮是由从该排气歧管供应的排气进气流可旋转地驱动的。可旋转地支撑在该中央轴承壳体内的一个轴将该涡轮机叶轮连接至该压缩机壳体内的一个压缩机叶轮上,这样使得该涡轮机叶轮的旋转造成了该压缩机叶轮的旋转。将该涡轮机叶轮与该压缩机叶轮相连接的轴限定了一条旋转轴线。当压缩机叶轮旋转时,它增大了经由发动机进气歧管被递送至发动机汽缸的空气质量流速、空气流密度和空气压力。

[0009] 该涡轮机叶轮和涡轮增压器的轴非常快速地旋转。涡轮增压器轴的旋转速度取决于压缩机叶轮和涡轮机叶轮的尺寸。铝压缩机叶轮、钛压缩机叶轮以及铬镍铁合金涡轮机叶轮的最大叶轮转速分别是560 m/s、600 m/s和530 m/s。因此,较小的叶轮产生较高的最大涡轮增压器旋转速度。涡轮机叶轮在高温环境中运行并且可以达到高达1922°F (1050°C) 的温度。这些热量被传递到涡轮增压器的轴和轴承壳体中。该涡轮机轴的快速旋转产生摩擦力,这些摩擦力进一步加热轴承区域。因此,涡轮增压器需要一个低摩擦轴承组件和一种用于冷却的流体流动。

[0010] 实际上,在极端运行条件下(高温和高的轴旋转速度),箔片轴承支持的涡轮机械由于热管理欠佳而失效。具体而言,由于轴承系统内的热传递而产生的推力轴承滑道的热弹性变形导致变形大于气膜厚度,这引起系统故障。推力箔片气体轴承在极端运行条件下由于热管理方面的困难而具有低的负载能力。

[0011] 美国专利8,189,291涉及一种用于硬盘驱动器内的流体动压轴承(FDB)系统。一种流体动压轴承系统可以包括一个上锥形轴承和一个下锥形轴承,这两个锥形轴承均沿一个静止轴布置,一个磁记录盘被可旋转地安装在该轴上。该上锥形轴承和下锥形轴承可以具有不同的锥角、直径和/或润滑油以便在该第一锥形轴承与第二锥形轴承之间产生一个所希望的刚度差异。通过调整该流体动压轴承系统的特性以实现所希望的支承刚度比,当该硬盘驱动器接收到一个机械冲击时,该磁记录盘经受一个持续振动的倾向会减小。通过防止这些磁记录盘在机械冲击后免受持续振动,写入并且从这些磁记录盘中读取的数据可能具有更大的可靠性。

[0012] 美国专利8,181,462涉及一种排气驱动的单轴涡轮增压器,该涡轮增压器包括与一个单一二级离心式压缩机串联的两个平行流一级离心式压缩机和一个一级涡轮机,该一级涡轮机被安排成通过一个单轴来驱动该一级离心式压缩机和二级离心式压缩机二者,这些压缩机和涡轮机被固定地安装在该单轴上。压缩机壳体限定一级第二叶轮的一至多个环圆周间隔开的进气管道以及一至多个环圆周间隔开的级间管道,这些级间管道从一级的一个无叶式扩散器通向二级的入口。根据一个实施例,一个第一轴承组件在该涡轮机与二级离心式压缩机之间的一个位置处可旋转地支持该轴,并且一个第二轴承组件在一级离心式压缩机与二级离心式压缩机之间的一个位置处可旋转地支持该轴。有利地,该第一轴承组件包括多个滚珠轴承并且可以包括例如两个轴向间隔开的滚珠轴承。该第二轴承组件有利地包括一个空气箔片轴承。

[0013] 美国专利7,988,426涉及一种带气门的压缩机护罩,该护罩在空气被完全压缩之前从该压缩机护罩中获取压缩空气并且将其递送到箔片轴承中。该压缩空气具有比出口压缩空气更低的压力和温度。更低的空气温度意味着需要从该压缩机中释放更少的空气来冷却该箔片轴承。由于低温空气的质量流动需求减少,这增加了整个系统的效率。通过获取处于更低压力下的空气,在压缩轴承冷却空气时损失的功更少。

[0014] 美国专利7,553,086涉及一种轴颈箔片轴承,该轴颈箔片轴承包括一个保持构件,该保持构件具有一个限定轴孔的内表面,在该轴孔内可接收一个可旋转轴以用于旋转;以及一个箔片组件,该箔片组件被附接到并且作为该内表面的衬里并且包括多个箔片子组件,每个子组件围成该内表面的一个圆周区段。这些箔片子组件中的每个子组件可以包括一个下层箔片,该下层箔片被夹在一个在该下层箔片的径向上向外布置的弹簧箔片与一个在该下层箔片的径向上向内布置的顶层箔片之间,该下层箔片、顶层箔片和该弹簧箔片各自具有一个在旋转轴的旋转方向上远离后缘的前缘,并且该下层箔片、顶层箔片以及弹簧箔片分别沿其各自的前缘、其各自的后缘或者其各自的前缘和其各自的后缘被附接到该保持构件上,其中该顶层箔片的曲率半径小于该下层箔片的曲率半径。还披露了支持旋转轴的一种方法。

[0015] 美国专利7,108,488涉及一种涡轮增压器,该涡轮增压器包括一个箔片轴承组件,该箔片轴承组件被安装在该涡轮增压器的一个压缩机与一个涡轮机之间的中央壳体中。该轴承组件形成一个单元,该单元从其一端处可安装到该中央壳体中并且该中央壳体是一件式结构。该轴承组件包括一个布置在两个箔片轴颈轴承之间的箔片推力轴承组件。这些轴颈箔片被安装在多个固定地安装在该中央壳体中的环形轴承座中。该推力轴承组件的推力盘的一个径向向内部分被捕获在该涡轮增压器的一个轴与轴套之间。该中央壳体限定

了用于给这些箔片轴承供应冷却空气的冷却空气通道并且任选地包括一个水套以用于通过该中央壳体来循环发动机冷却液。

[0016] 美国专利5,498,083涉及一种方法和装置,该方法和装置通过在每个垫片与由包含这些轴承的套筒来支持的一个轴之间建立一个气体压力来增加一个三垫片兼容性气体箔片轴承的负载能力和阻尼能力。

[0017] 发明概述

[0018] 本发明提供了一种气体动压箔片轴承组件,该轴承组件具有多个锥形转子表面和箔片轴承垫片。气体动压箔片轴承的一个优点是与一个具有相同尺寸的刚性表面的气体轴承相比,它提供了增加的轴承阻尼。该增加的阻尼是库伦式阻尼,该库伦式阻尼由于材料的滞后作用以及该波形带与该顶层箔片之间还有在这些波形带与该轴承内表面之间的干摩擦而产生。该锥形气体箔片轴承组件适合用作一个涡轮增压器轴承组件并且还可以被用于其他涡轮机械应用中,例如小型航空发动机中。

[0019] 两个锥形转子元件在该轴上被端对端地布置以便被支持。这些锥形转子元件具有截顶直圆锥的形状并且进而具有一个对应于锥体底部的大端和一个对应于截顶锥体的平截头的小端。这些锥形元件面向相反的方向,并且因此这些锥体的大端可以被布置在一起,或者锥体的小端可以被布置在一起。这些锥形转子元件被支持在气体箔片轴承上。由于这些转子元件的锥形形状,支持所有元件的轴承提供了径向和轴向的支持,并且进而该轴承组件充当了轴颈轴承和推力轴承的作用。锥形轴承还允许实现将过量的热量容易地从空气膜中移除,由此控制这些部件的热膨胀。这个特征允许更好的热管理以便防止轴承咬粘和热不稳定性。

[0020] 附图的简要说明

[0021] 本发明的优点将是容易了解的,因为这些优点通过参照以下详细说明在结合附图考虑时将变得更好理解,在附图中:

[0022] 图1展示出了一个带有多个锥形转子元件的涡轮增压器轴,其中这些锥体的小端被布置在一起;

[0023] 图2展示出了一个带有多个锥形转子元件的涡轮增压器轴,其中这些锥体的大端被布置在一起;

[0024] 图3展示出了组成该锥形转子元件的多个部件;

[0025] 图4A展示出了一个适合与锥形转子元件(例如在图1中所示的锥形转子元件)一起使用的轴承壳体内表面,其中这些锥体的小端是在一起的;

[0026] 图4B展示出了一个适合与锥形转子元件(例如在图2中所示的锥形转子元件)一起使用的轴承壳体内表面,其中这些锥体的大端是在一起的;

[0027] 图5展示出了波型箔片轴承中的一个垫片;

[0028] 图6展示出了一个带有多个锥形转子元件的涡轮增压器轴,其中这些锥体的小端在具有用于冷却的水气通道的轴承壳体中被布置在一起;

[0029] 图7展示出了一个由箔片轴承支持的轴,该箔片轴承由金属网减震器支撑;

[0030] 图8展示出了一个由箔片轴承支持的轴,该箔片轴承由波型箔支撑;

[0031] 图9展示出了一个由箔片轴承支持的轴,该箔片轴承由波型箔片支撑,其中四个进气口允许空气进入到该轴承中。

[0032] 附图的详细说明

[0033] 图1展示出了带有多个锥形转子元件的涡轮增压器轴,这些锥形转子元件具有截顶直圆锥的形状,其中锥体的小端被安装在一起。一个涡轮机叶轮1、一个压缩机叶轮2、一个具有长度5的第一锥形转子元件3和一个具有长度6的第二锥形转子元件4被安装在该涡轮增压器轴7上。

[0034] 图2展示出了一个带有多个锥形转子元件的涡轮增压器轴,其中锥体的大端被安装在一起。一个涡轮机叶轮8、一个压缩机叶轮9、一个具有长度12的第一锥形转子元件10和一个具有长度13的第二锥形转子元件11被安装在该涡轮增压器轴14上。

[0035] 图3展示出了组成该锥形转子组件的多个部件。该涡轮增压器轴18具有一个在其一端处安装的涡轮机叶轮15。该第一锥形转子元件16和第二锥形转子元件17可以被压到该轴18上。当该第一锥形转子元件和该第二锥形转子元件被压到该轴18上时,这些锥形转子元件可以通过一个抛油环套筒19而被紧固到该轴上。

[0036] 图4A展示出了一个适合与锥形转子元件(例如在图1中所示的锥形转子元件)一起使用的轴承壳体内表面20,其中这些锥体的小端是在一起的。

[0037] 图4B展示出了一个适合与锥形转子元件(例如在图2中所示的锥形转子元件)一起使用的轴承壳体内表面20,其中这些锥体的大端是在一起的。

[0038] 图5展示出了波型箔片轴承中的一个垫片。该箔片轴承处于轴承壳体25的顶部。该箔片轴承的底层是底层箔片21。在该底层箔片21的顶部存在一个垫片箔片23,并且该垫片箔片23的顶部是波型箔片22。该箔片轴承的顶表面是顶层箔片24。

[0039] 图6展示出了一个带有多个锥形转子元件的涡轮增压器轴53,其中这些锥体的小端在具有用于冷却的水通道的轴承壳体中被布置在一起。该涡轮增压器轴具有一个涡轮机叶轮26和一个压缩机叶轮27。该涡轮增压器轴具有一个第一锥形转子元件31和一个第二锥形转子元件32。该涡轮增压器轴53是由气体动压箔片轴承30支持的。该轴承组件壳体28具有多个用于冷却水的通道29。存在一个用于冷却空气的入口33。仅仅展示出了该轴承组件壳体28的一半。

[0040] 图7展示出了一个由箔片轴承支持的轴38,该箔片轴承由多个金属网减震器36支撑。每个金属网减震器36配合到该轴承壳体34中的一个凹座中。这些凹座的边缘用虚线51示出。该轴38是由该箔片轴承37支持的。垫片箔片35被布置在这些金属网减震器36的后面。

[0041] 图8展示出了轴承壳体39中的一个轴43,该轴由一个四垫片波型箔片轴承支持。每个垫片具有一个底层垫片41、一个波式箔片40和一个顶层箔片42。垫片箔片52被布置在波式箔片40的后面。

[0042] 图9示出了轴承壳体44中的一个轴49,该轴由一个四垫片波式箔片轴承支持。每个垫片具有一个底层垫片46、一个波式箔片45和一个顶层箔片47。垫片箔片50被布置在波式箔片45的后面。多个进气口48允许空气进入该轴承壳体中。

[0043] 本发明的空气箔片轴承组件具有多个被压到该涡轮增压器轴上的锥形转子元件以及二至六个支持该轴的轴承。当这两个锥形转子元件被压配合到该可旋转轴上以被支持时,锥体的末端是相接触的。在存在推力负载的情况下,这些锥形转子元件可以具有不同的尺寸。锥形转子元件的轴向长度取决于轴承上由不同的叶轮重量和推力负载所产生的静负载。尽管这两个锥形转子元件不需要是具有相同的尺寸,相接触的末端具有相同的尺寸。在

本发明的一个优选实施例中,这些锥形转子元件在该可旋转轴上被布置在一起以便在锥体的小端是端对端的情况下被支持,因为这样可以容纳更大的转子锥形运动和/或失调。当这些锥形转子元件由轴承支持时,该轴承的锥形形状对该轴提供轴向和侧向的支持。推力负载可以通过具有不同尺寸的转子元件来应对。由于该涡轮机叶轮端轴承上的大的静负载,该第一锥形转子的长度可以长于该第二锥形转子元件的长度。转子的动态性能和由空气动力部件产生的轴向推力也决定了这些锥形转子元件的长度。这在图1中被展示出,其中存在一个从涡轮机叶轮1到压缩机叶轮2的推力负载。因此,该第一转子元件3具有一个更大的长度5并且转子元件2具有一个更短的长度6。

[0044] 在本发明的另一个实施例中,这些锥形转子元件的较大端是在一起的并且被压配合到可旋转的轴上以便被支持。在这个安排中,当这些锥形转子元件由轴承支持时,该轴承的锥形形状对该轴提供轴向和侧向的支持。同样地,推力负载可以通过具有不同尺寸的转子元件来支持。这在图2中被展示出,图2展示出了一个带有多个锥形支承元件的涡轮增压器轴,其中锥体的大端被安装在一起。确切地说,存在一个具有长度12的第一锥形转子元件10和一个具有长度13的第二锥形转子元件11。

[0045] 如以上所阐述的,该锥形转子是由两个锥形转子元件组装而成。这在图3中被示出,其中展示了在这些锥形转子元件16和17在涡轮增压器轴18上被端对端布置以前的这些锥形转子元件。

[0046] 如以上所指出的,涡轮增压器的轴承壳体可以是一个高温环境。确保适当的轴承间隙,这些轴承和该轴承壳体可以被冷却。这些锥形转子元件应该由具有低热膨胀系数的材料制备。此类材料包括Invar® 36、Kovar®、Incoloy® 903、Incoloy® 907、Incoloy® 909、和Ti-6Al。

[0047] 这些锥形转子元件在一个轴承壳体内,其中内表面具有这些锥形转子元件的形状。这在图4A和图4B中被展示出。图4A展示出一个适合与转子元件(例如在图1中所示的锥形转子元件)一起使用的轴承壳体内表面20,其中这些锥体的小端是在一起的。图4B展示出一个适合与转子元件(例如在图2中所示的锥形转子元件)一起使用的轴承壳体内表面20,其中这些锥体的大端是在一起的。

[0048] 在该轴承壳体中存在二至六个气体动压箔片轴承。波式箔片轴承的一个垫片的多个部件在图5中被展示出。在一个实施例中,该箔片轴承的底层是底层箔片21。在该底层箔片21的顶部存在一个兼容性部件。在图5中这个兼容性部件是一个波式箔片22。可以使用其他兼容性部件,例如金属网减震器或半球状凸箔。这些兼容性结构(波式箔片、金属网减震器和半球状凸箔)可以具有三至五个轴向分离的相同区段以增加负载能力并且容纳不对准的/大的轴的锥形运动。任选地,在该底层箔片21的顶部可以布置垫片箔片23。该垫片箔片在该轴承与轴之间设置间隙并且增加轴承刚度和阻尼系数。该轴承的增加的刚度和更大的阻尼扩大了稳定运行的速度范围并且增加了系统的稳定性。

[0049] 该轴的这些有待被支持的锥形转子元件在开始运转和停止运转过程中将与顶层箔片的内表面具有一定接触。任选地,可以提供一种外设固体润滑剂涂层以便在转子开始运转和停止运转过程中当该轴外表面与顶层箔片内表面相接触时削弱磨损。该轴上的两个锥形转子元件、支承位置处以及顶层箔片的表面可以用固体润滑剂来包覆。此种涂层减小了转子启动和停止时的摩擦损失以及随后小的阻力矩,直到该轴旋转足够快以建立起一个

充足的气体动压膜来支持该轴。可以将各种不同的润滑剂涂在顶层箔片的内表面上,包括但不限于聚亚酰胺、石墨、聚四氟乙烯(PTFE)和二硫化钼(MoS₂)。该轴上的这些锥形转子元件也可以被涂上多种润滑剂,例如聚亚酰胺、石墨、聚四氟乙烯(PTFE)和二硫化钼(MoS₂)。此外,该轴上的这些锥形转子元件可以被涂上一层薄薄的包含复合涂层(例如PS304或PS400)的稠密型镍。第二固体润滑剂,例如但不限于聚亚酰胺、石墨、聚四氟乙烯(PTFE)和二硫化钼(MoS₂),可以被涂在PS304或PS400涂层之上。

[0050] 该箔片轴承可以用若干种方式组装。这些箔片轴承部件可以被组装到一个轴承衬套中,该轴承衬套可以随后被附接到该轴承壳体中。该底层箔片的两个末端可以被插入到该轴承壳体内表面上的槽中。替代地,该底层箔片21在两个末端处可以被点焊到该轴承壳体上。如果该兼容性元件22是波式箔片或半球形凸箔,它可以被点焊到该底层箔片上。该垫片箔片23和顶层箔片24可以被点焊到该底层箔片上。如果该兼容性元件是一个金属网减震器,它可以被布置在该轴承壳体上机加工的凹座中。

[0051] 在组装该轴承的一种方法中,该底层箔片被切割到正确尺寸。该垫片箔片被点焊到该底层箔片上。该波式箔片被点焊到该底层箔片上。该顶层箔片在该底层箔片与该波式箔片被点焊的相反末端处被点焊到该底层箔片上。

[0052] 该轴承壳体可以具有多个通道,冷却水可以通过这些通道循环。此外,压缩的加压空气可以被注入该轴承中以提供冷却作用。对于每个锥形转子元件而言,该轴承壳体可以具有1至5个空气注入端口。空气可以在与转子旋转成一个角度处被注入。此类逆转子旋转的注入减缓了该轴承壳体内的空气速度并且扩大了该轴承稳定运行的速度范围。

[0053] 具有多个锥形转子元件的气体动压箔片轴承组件不限于用于涡轮增压器中。它们也可以被用于涡轮交流发电机、小型航空涡扇发动机等等。

[0054] 虽然针对具体实施例示出和说明了本发明,但是本领域的普通技术人员应理解的是可以做出不同的改变和变更而不背离由以下权利要求所限定的本发明的范围。

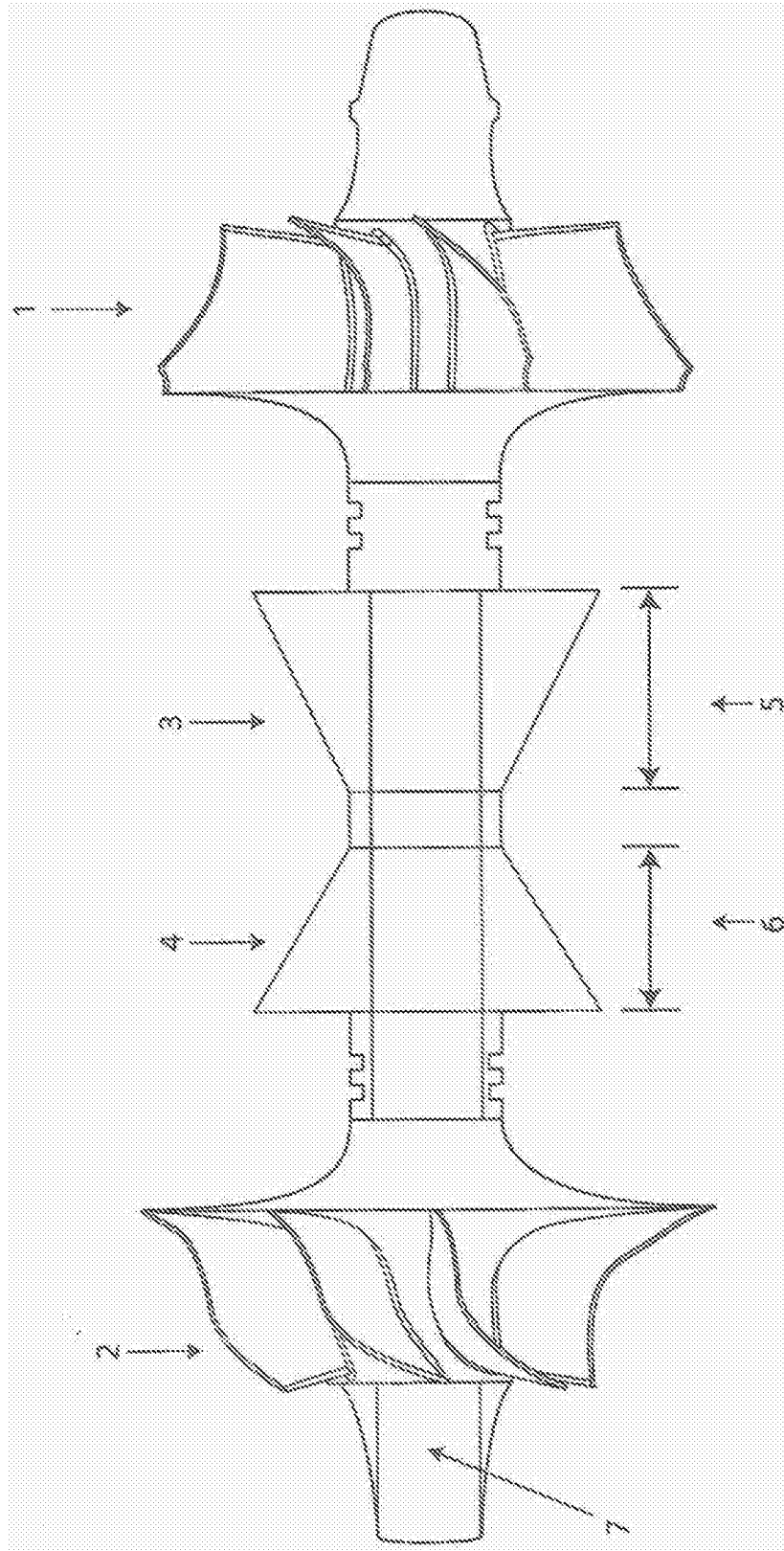


图1

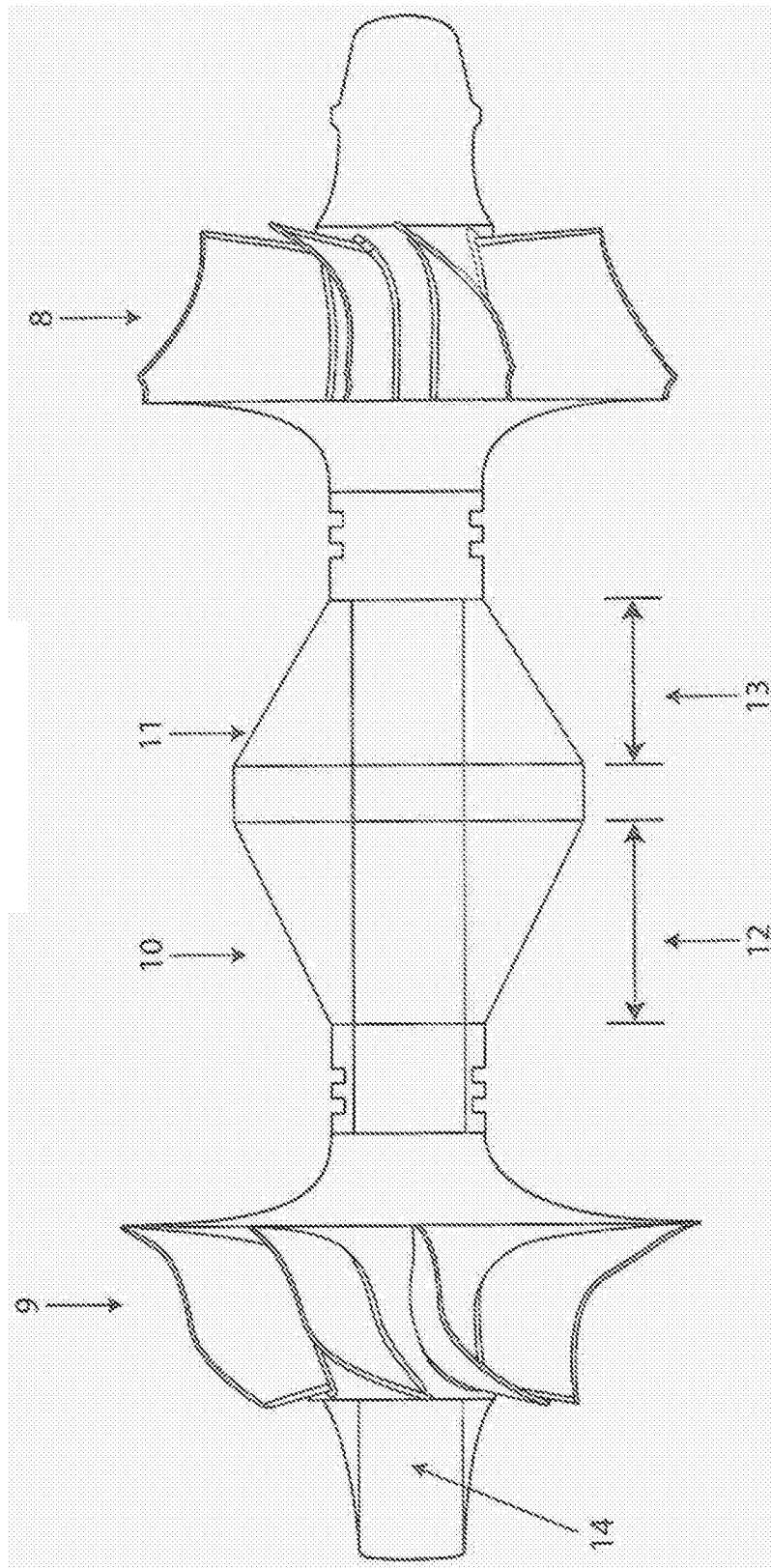


图2

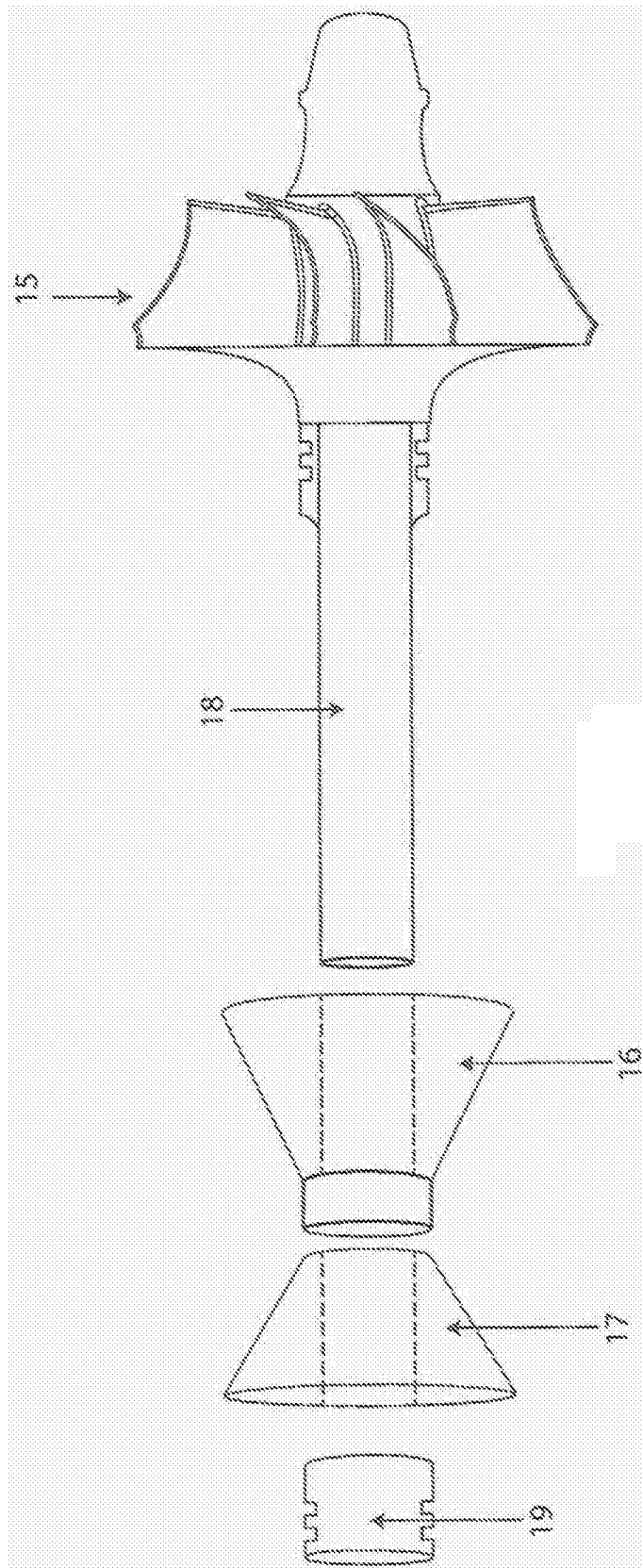


图3

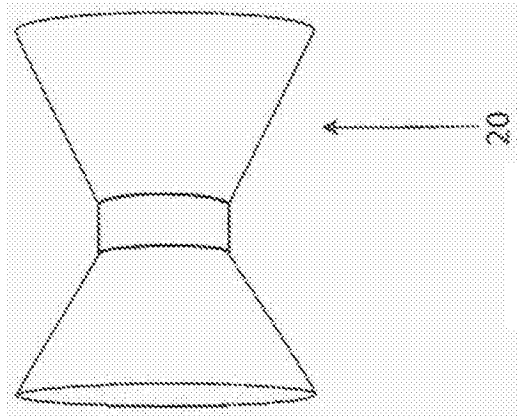


图4A

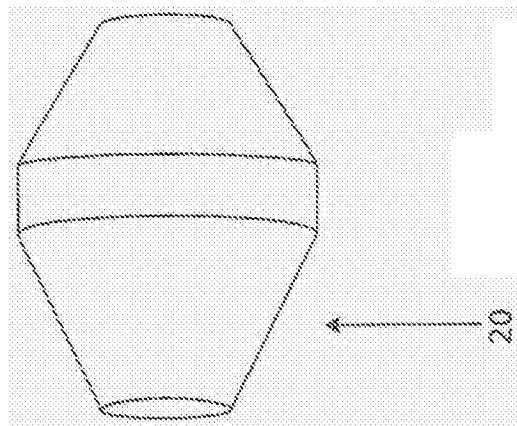


图4B

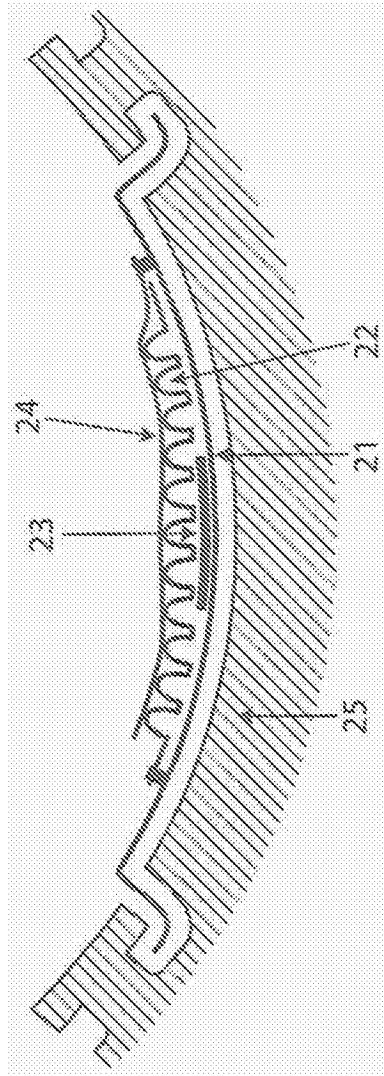


图5

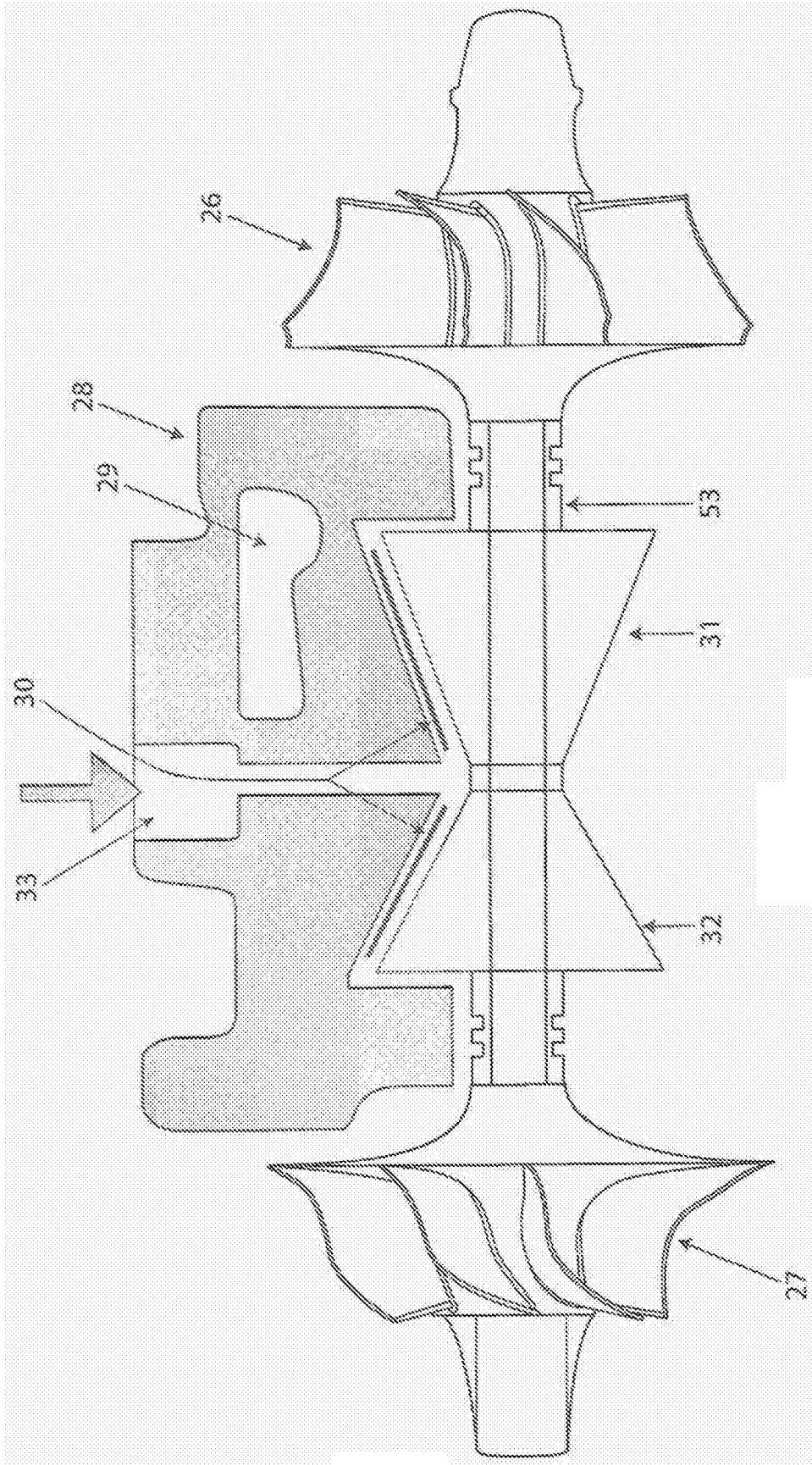


图6

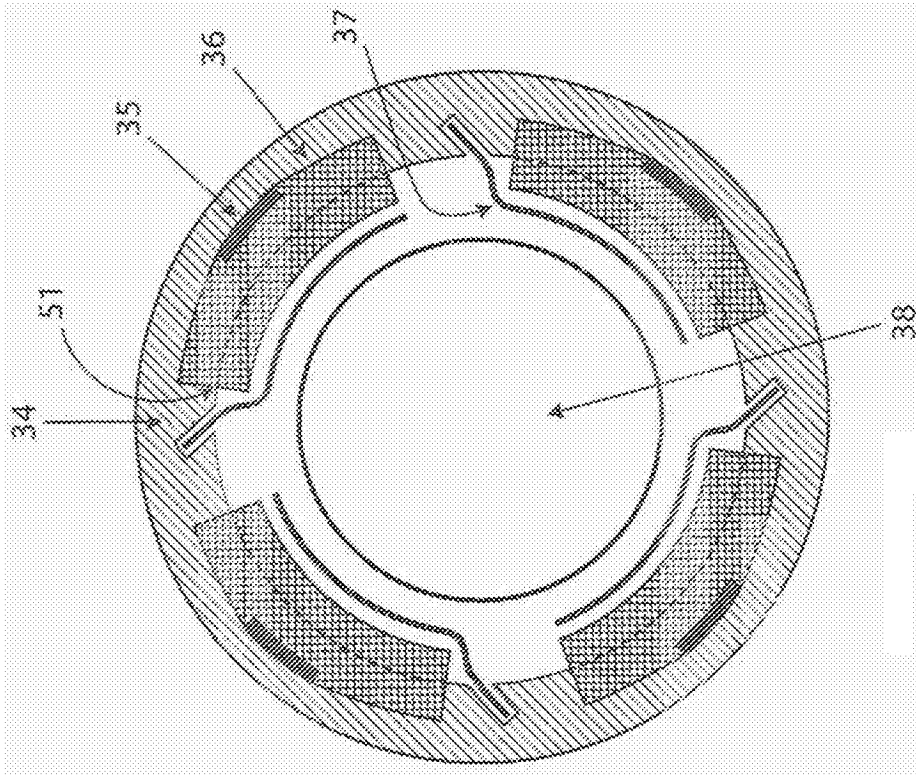


图7

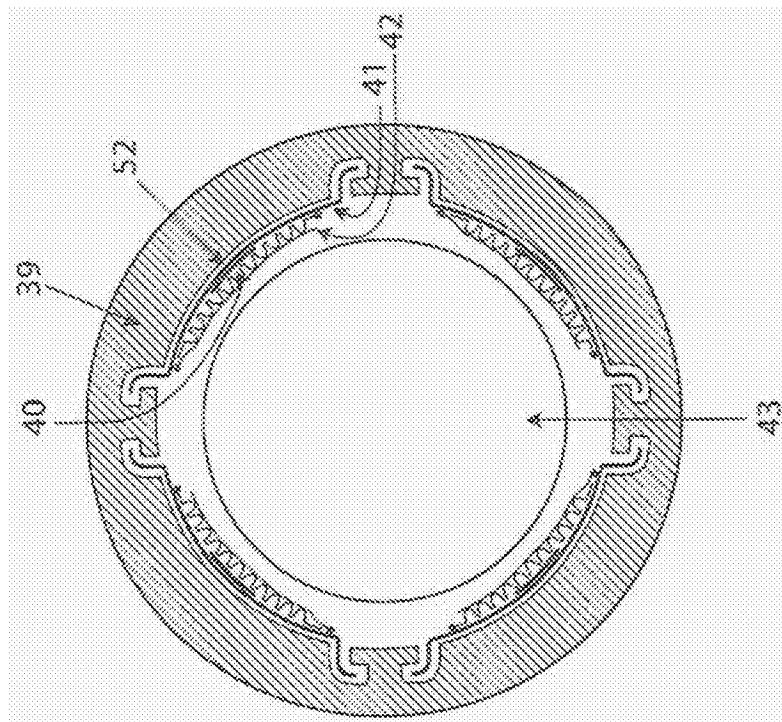


图8

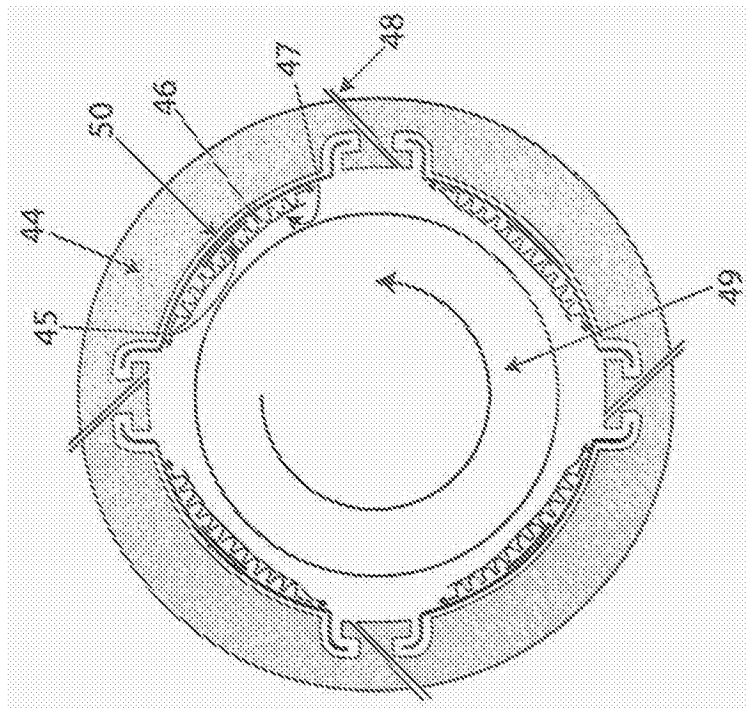


图9