(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119452168 A
(43)申请公布日 2025.02.14

(21)申请号 202380050571.3
(22)申请日 2023.08.07
(30)优先权数据
2211563.8 2022.08.09 GB
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.12.27
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2023/071847 2023.08.07
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/033319 EN 2024.02.15
(71)申请人 莱宝有限责任公司
地址 德国科隆
(72)发明人 C·霍斯根 A·格雷文
D·拉德马赫 C·贝格
R·登贝克 G·荣梅耶
R·桑特纳 D·C·卡里施
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
专利代理师 邹愉 蔡宗鑫
(51)Int.Cl.
F04D 19/04(2006.01)
F04D 29/051(2006.01)
F16C 32/04(2006.01)

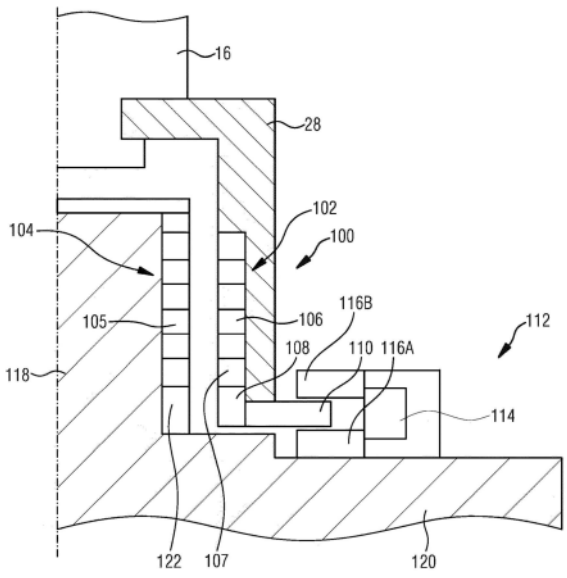
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

磁轴承和真空泵

(57)摘要

用于真空泵、特别是涡轮分子泵的磁轴承，包括：径向永磁轴承，其具有静态磁性元件和旋转磁性元件，所述静态磁性元件和所述旋转磁性元件径向紧邻彼此布置并且相互排斥，以提供径向支撑；端子环，其轴向紧邻所述旋转磁性元件附接；磁性轴向轴承，其包括电磁体，其中，所述端子环包括沿径向方向延伸且紧邻所述电磁体布置的突起，使得轴向磁力能够由所述电磁体施加到所述端子环的所述突起。



CN 119452168 A

1.用于真空泵、特别是涡轮分子泵的磁轴承,包括:

径向永磁轴承,其具有静态磁性元件和旋转磁性元件,所述静态磁性元件和所述旋转磁性元件径向紧邻彼此布置并且相互排斥,以提供径向支撑;

端子环,其轴向紧邻所述旋转磁性元件附接,

磁性轴向轴承,其包括电磁体,

其中,所述端子环包括沿径向方向延伸且紧邻所述电磁体布置的突起,使得轴向磁力能够由所述电磁体施加到所述端子环的所述突起。

2.根据权利要求1所述的磁轴承,其中,所述突起由铁素体材料制成,并且优选地所述端子环也由铁素体材料制成。

3.根据权利要求1或2中任一项所述的磁轴承,其中,所述突起和所述端子环为单件式的。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的磁轴承,其中,传感器线圈轴向紧邻所述突起布置,以检测所述突起的径向位置。

5.根据权利要求1至4中任一项所述的磁轴承,包括偏置磁体,所述偏置磁体至少部分地轴向紧邻所述突起布置,以对所述磁性轴向轴承施加偏置力。

6.根据权利要求1至5中任一项所述的磁轴承,其中,静态端子环轴向紧邻所述静态磁性元件附接。

7.根据权利要求6所述的磁轴承,其中,导电盘被连接到所述静态端子环,并且所述盘至少部分地轴向紧邻所述旋转磁性元件布置,使得涡流通过所述旋转磁性元件的磁场感生到所述导电盘中。

8.真空泵,特别是涡轮分子真空泵,包括壳体和转子轴,所述转子轴设置在所述壳体中,并且由至少一个根据权利要求1至7中任一项所述的永磁轴承可旋转地支撑。

9.根据权利要求8所述的真空泵,包括构建为永磁轴承或滚子轴承的第二轴承。

10.根据权利要求8或9所述的真空泵,其中,所述磁轴承被布置在所述转子轴的排放侧和/或所述转子轴的入口侧处。

11.根据权利要求8或9所述的真空泵,其中,静态磁性元件被连接到延伸到所述转子轴的凹部中的耳轴,其中,旋转磁性元件被连接到所述凹部的内表面。

磁轴承和真空泵

技术领域

[0001] 本发明涉及用于真空泵并且特别是用于涡轮分子泵的磁轴承。此外,本发明还涉及具有这样的磁轴承的真空泵,并且特别是涉及具有这样的磁轴承的涡轮分子泵。

背景技术

[0002] 真空泵包括具有入口和出口的壳体。包括转子轴的转子被设置在该壳体中,其中,至少一个转子元件被连接到该转子轴并通过电动机旋转。在涡轮分子泵的情况下,多个叶片作为泵元件连接到转子轴,从而与连接到壳体的定子的多个叶片相互作用。在转子旋转时,气态介质被从入口传送到出口。其中,转子轴由一个或多个轴承可旋转地支撑。

[0003] 已知使用永磁轴承,其是非接触的并且因此不经受磨损。然而,永磁轴承通常用于径向支撑,其中,这些轴承必须由沿轴向方向支撑转子轴的轴向轴承补充。特别是,如果支撑转子轴的两个或所有轴承都构建为永磁径向轴承,则需要对转子轴的轴向支撑。然而,由于附加的轴向轴承,空间需求增加,从而增加了真空泵的整体尺寸。

[0004] 因此,一个目的在于提供一种紧凑构建的磁轴承以及具有这样的磁轴承的真空泵。

发明内容

[0005] 该问题通过根据权利要求1的磁轴承和根据权利要求8的真空泵来解决。

[0006] 在第一方面,提供了一种用于真空泵并且特别是用于涡轮分子泵的磁轴承。该磁轴承包括径向永磁轴承,其具有待连接到真空泵的壳体的静态磁性元件和待连接到真空泵的转子的旋转磁性元件,该静态磁性元件和旋转磁性元件径向紧邻彼此布置并且彼此相互磁排斥,以提供径向支撑。其中,端子环轴向紧邻该旋转磁性元件附接。通过通常由诸如钢的硬质金属制成的该端子环,在将转子轴插入到真空泵的壳体中的过程期间,旋转磁性元件的脆弱的永磁环将受到保护。该端子环并未有助于转子轴的径向支撑,并且除了提供保护之外,还维持永磁轴承的旋转磁性元件的轴向位置。

[0007] 根据本发明,磁轴承包括磁性轴向轴承,该磁性轴向轴承包括电磁体或线圈,以便产生可调整的磁场。此外,该端子环包括沿径向方向延伸且紧邻电磁体布置的突起,使得轴向磁力能够由电磁体施加到端子环的突起。因此,通过施加到端子环的突起的可调整的轴向力,提供了转子轴的轴向支撑。因此,通过该端子环的突起,径向轴承和轴向轴承被整合,从而减少了磁轴承的空间需求,并且因此减少了包括这样的磁轴承的真空泵的最小空间需求。

[0008] 优选地,该突起由铁素体材料制成,并且甚至更优选地,该端子环也由铁素体材料制成。由于端子环与旋转磁性元件的最外部环形磁体直接接触,因此通过该铁素体材料,磁场穿透该突起并增加电磁体处的磁场,从而提高轴向轴承的效率。

[0009] 优选地,电磁体被连接到沿径向方向延伸且轴向紧邻端子环的突起布置的磁轭元件,以便在突起的位置处产生磁场。优选地,该磁轭具有U形形状。因此,在端子环的突起的

沿轴向方向的两侧上设置磁轭的一部分。因此,通过该磁轭,创建间隙,以便增强由电磁体产生的磁场,其中,在该间隙中布置端子环的突起。

[0010] 优选地,该突起和端子环被构建为单件,即整体地形成。

[0011] 优选地,传感器线圈轴向紧邻突起布置并连接到壳体,即不旋转或静止。通过该传感器线圈,可直接测量突起的轴向位置。优选地,该传感器线圈被用作涡流传感器,并且可检测转子轴在整个周界上的轴向位置。这种设计提供了以下优点,即:不检测转子的可能的倾斜振动,因此不会在转子轴的径向和轴向运动之间产生任何破坏性的耦合或干扰。特别地,传感器线圈是谐振电路的一部分,其中,谐振频率的偏移与该轴向位置的变化相关。

[0012] 优选地,偏置磁体被连接到壳体并且至少部分地轴向紧邻突起布置,以对磁性轴向轴承施加偏置力。这样,通过构建为磁环的该偏置磁体,沿轴向方向的偏置力被施加到突起和转子轴。另外,通过该偏置,吸引磁力和排斥磁力可由电磁体施加到端子环的突起,以便可靠地调整转子轴的轴向位置。特别地,该偏置磁体包括与紧邻端子环的旋转磁性元件的最外部环形磁体相反的磁极定向。通过这种构造,偏置磁体的偏置效果由于通过突起穿透的紧邻端子环的旋转磁性元件的最后一个磁环的附加磁场而得到增强。

[0013] 优选地,传感器线圈被布置在偏置磁体内。因此,空间需求可通过这种布置结构减少,并且同时可容易地组装。此外,检测接近作用于转子上的力的位置。其中,传感器线圈位于磁场的主磁通之外,并且因此受紧邻传感器线圈定位的磁性轴向轴承的影响较小。

[0014] 优选地,静态端子环轴向紧邻静态磁性元件布置,特别是直接紧邻静态磁性元件的最外部磁环布置。其中,静态端子环设置在与轴向紧邻旋转磁性元件附接的端子环的相同侧处。

[0015] 优选地,导电盘被连接到静态端子环,并且该盘至少部分地轴向紧邻旋转磁性元件布置,使得通过旋转磁性元件的磁场在该导电盘中感生涡流。因此,通过由诸如铜、铝之类的导电材料制成的导电盘,利用由永磁轴承的最外部旋转磁性元件提供的磁场,来形成涡流阻尼器。特别地,该盘沿径向方向延伸,以轴向紧邻旋转磁性元件布置。

[0016] 在本发明的另一个方面,提供了一种真空泵并且特别是涡轮分子泵,其包括壳体和转子轴,该转子轴设置在该壳体中并且由至少一个如前所述的永磁轴承可旋转地支撑。

[0017] 优选地,该真空泵包括两个轴承,其中,第二轴承可被构建为常规的永磁轴承或滚子轴承。可替代地,第二轴承也构建为如前所述的永磁轴承,其包括附加/第二轴向轴承,以组合地为转子轴提供轴向支撑。

[0018] 优选地,根据本发明的永磁轴承被布置在转子轴的排放侧处。替代地或附加地,根据本发明的永磁轴承被设置在转子轴的入口侧处。

[0019] 优选地,静态磁性元件被连接到延伸到转子轴的凹部中的耳轴,其中,旋转磁性元件被连接到与静态磁性元件径向相对的该凹部的内表面。

附图说明

[0020] 在下文中参考附图更详细地描述本发明。

[0021] 附图示出了:

[0022] 图1是根据本发明的真空泵的第一实施例,

[0023] 图2是根据本发明的磁轴承的详细视图,

[0024] 图3是根据本发明的磁轴承的另一实施例的详细视图，

[0025] 图4是根据本发明的磁轴承的另一实施例的详细视图，

[0026] 图5是根据本发明的磁轴承的另一实施例的详细视图。

具体实施方式

[0027] 参考图1，其示出了构建为涡轮分子泵的真空泵。该真空泵包括壳体10，该壳体10包括入口12和出口14。转子16被设置在该壳体中，并且由构建为永磁轴承的第一径向轴承18和也构建为永磁轴承的第二径向轴承100支撑。第一径向轴承18包括多个磁环22、23。其中，第一径向轴承18的静磁环23被附接到延伸到转子轴16的凹部26中的耳轴24。旋转磁环22径向紧邻静磁环23布置在该凹部的内表面处。对于第二径向轴承100，旋转磁环106径向紧邻连接到壳体的静磁环105附接在钟形元件28内。其中，第一径向轴承18的静磁环23与第一径向轴承18的旋转磁环22中的每一个相互排斥，类似地，第二径向轴承100的静磁环105相应地与第二径向轴承100的旋转磁环106中的每一个相互排斥，从而在壳体10内提供转子16的可旋转支撑。

[0028] 此外，第一径向轴承18和第二径向轴承100包括构建为滚珠轴承的紧急运行轴承30。转子轴16由电动机32驱动。多个泵元件34附接到转子轴16，这些泵元件34构建为与定子元件36相互作用的叶片，这些定子元件36连接到真空泵的壳体10并且与泵元件34交替布置。另外，图1的真空泵包括霍尔韦克级(Holweck stage)38，其包括旋转圆柱体40，该旋转圆柱体40与连接到壳体的螺纹定子42相互作用。通过转子轴16的旋转，气态介质从真空泵的入口12朝向出口14传送。

[0029] 现在参考图1中所示并在图2中详细示出的下部磁轴承100。其中，与真空泵的旋转轴线重合的称为轴向方向，并且径向方向与轴向方向垂直。

[0030] 根据本发明的磁轴承100包括第一或旋转磁性元件102和静态磁性元件104。其中，该旋转磁性元件经由钟形元件28连接到转子轴16。静态磁性元件104被连接到壳体10的耳轴118。旋转磁性元件102和静态磁性元件104两者包括环形磁体106、105，该环形磁体106、105径向紧邻彼此布置且相互排斥，以便提供转子轴16的径向支撑。其中，端子环108被连接到旋转磁性元件102，并且直接连接到旋转磁性元件102的最外部环形磁体107。端子环108通常由钢制成，并且提供用于在转子轴116插入到壳体10中时，或者替代地壳体10的帽元件120插入从而将耳轴118引入到由钟形元件28形成的凹部中时，保护相对脆弱的环形磁体107、106免受损伤。另外，还可径向紧邻旋转磁性元件102的端子环108实施静态端子环122。通过该静态端子环122，环形磁体106和静态磁性元件104的轴向位置得以维持/固定。优选地，静态端子环122由塑料制成。

[0031] 根据本发明，端子环108包括径向突起110，该径向突起110在给定的示例中延伸到钟形元件28之外。此外，磁轴承100包括轴向轴承112。该轴向轴承112包括电磁体114或线圈，以便产生可调整的磁场。磁轭元件116A、116B连接到电磁体114，该磁轭元件116A、116B沿轴向方向布置在该径向突起的两侧上。因此，通过该磁轭元件116A、116B，形成径向延伸的间隙，其中，径向延伸的突起110被设置在该间隙中。因此，通过该磁轭元件，由电磁体114产生的磁场被施加到径向突起110，从而将轴向力施加到突起110，并且因此施加到转子轴16。因此，该径向磁轴承和轴向磁轴承被整合，从而减少了空间需求并且提供了转子轴的有

效的轴向和径向支撑。

[0032] 尽管在图2中示出为两个元件,但是端子环108和径向突起110可被构建为整体形成的单件。特别地,端子环108和/或突起110由铁素体材料形成,使得最外部环形磁体107的磁场通过端子环108和突起116的铁素体材料传递,从而增强由轴向轴承112施加到突起110的轴向力。

[0033] 现在参考图3,其示出了本发明的另一个实施例。其中,相同或相似的元件通过相同的附图标记表示。其中,描述限于图2和图3的实施例之间的差异。

[0034] 特别地,在图3中所示的实施例中,偏置磁体124被连接到壳体110的帽元件120。通过构建为环形磁体的偏置磁体124,在突起110和一个磁轭元件106B之间的轴向气隙200以及突起110和另一个磁轭元件106A之间的轴向气隙201中产生偏置磁通。另外,偏置磁体124的磁场穿透突起110并且增强突起110与由电磁体114产生的磁场之间的磁相互作用。构建为永磁体的偏置磁体124紧邻突起110布置。其中,偏置磁体112被磁性连接到磁轭元件106A、106B,以产生磁路。如图3中所示,磁通量113由偏置磁体124提供。根据偏置磁体124的磁定向,电磁体110或线圈的磁通削弱一个气隙200(或气隙201)中的磁通量并增强相应的另一个气隙201(或200)中的磁通量。因此,根据电磁体114或线圈中的电流方向,施加到突起110的力可在两个轴向方向上提供。其中,优选地,偏置磁体124与旋转磁性元件102的最外部环形磁体107的磁极定向沿相反的方向,从而增强偏置效果。结果,偏置磁体124可被构建得更小,同时仍然保持偏置磁体124的足够的轴向偏置。

[0035] 参考图4,传感器线圈126沿耳轴118的整个周界设置。该传感器线圈126轴向紧邻突起110设置,其中,传感器元件127被连接到突起110。该传感器元件可以是永磁体,以便将涡流感生到传感器线圈126中。可替代地,传感器元件127由诸如铜或铝的导电材料制成,并且磁场通过传感器线圈126本身感生到传感器元件中。传感器线圈126用作涡流传感器,以用于检测传感器线圈126和转子轴16之间的轴向距离,该轴向距离用于控制由电磁体114产生的磁场,以便对突起110和转子轴16施加轴向力。由此,可控制/维持转子轴16的轴向位置。由于传感器线圈126被构建为环,所以转子轴的倾斜(tiling)对传感器信号没有影响或仅有很小的影响,因为其是由沿整个周界检测到的传感器信号求平均得到的。此外,由于将传感器线圈径向定位在偏置磁体124内,因此在传感器线圈处于轴向轴承112的主磁通之外时,可实现紧凑的设计。因此,减少了位置传感器和轴向轴承的相互影响。

[0036] 参考图5,静态磁性元件104的端子环122被直接连接到径向延伸的导电盘128。导电盘128由诸如铜、铝之类的导电材料制成。通过该盘128,涡流阻尼器被设置成直接作用于转子轴16的端部,以用于阻尼转子轴16的径向振动。其中,最外部环形磁体107的磁场将涡流感生到盘128中,从而产生磁力作为阻尼转子轴16的径向振动的恢复力。因此,最外部环形磁体107具有双重功能,即用于转子轴16的径向支撑以及用于涡流阻尼器。

[0037] 尽管图5示出了具有涡流阻尼器、传感器线圈126和偏置磁体124的磁轴承100,但是在不同的实施例中这些特征的不同组合也是可行的。因此,在一个实施例中,仅实施涡流阻尼器128以及传感器线圈126,而没有偏置磁体124。在另一个实施例中,涡流阻尼器128与偏置磁体124一起实施,而没有传感器线圈126。在另一个实施例中,涡流阻尼器在没有传感器线圈126以及没有偏置磁体124的情况下实施。在另一个实施例中,根据本发明的轴承100仅包括传感器线圈,而没有涡流阻尼器且没有偏置磁体124。因此,除了附图中所示的实施

例之外,涡流阻尼器128、传感器线圈126和偏置磁体124的所有不同组合均可实施到根据本发明的磁轴承100中,以便提供同时提供径向和轴向支撑的紧凑且高效的磁轴承。

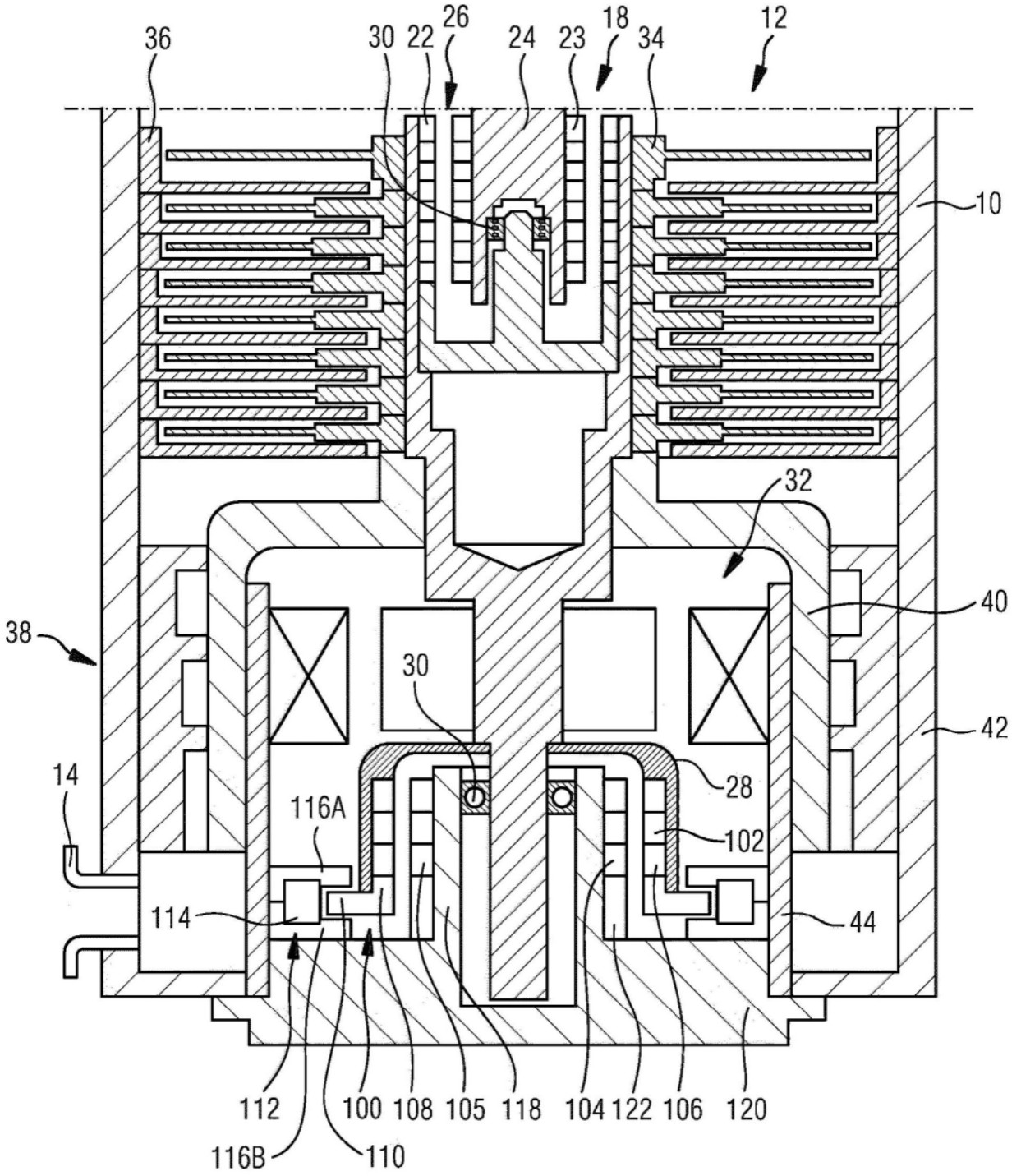

36
30
22
26
24
23
18
34
12
10
32
40
38
30
42
14
28
116A
102
114
44
112
100
108
105
118
104
122
106
120
116B
110

图1

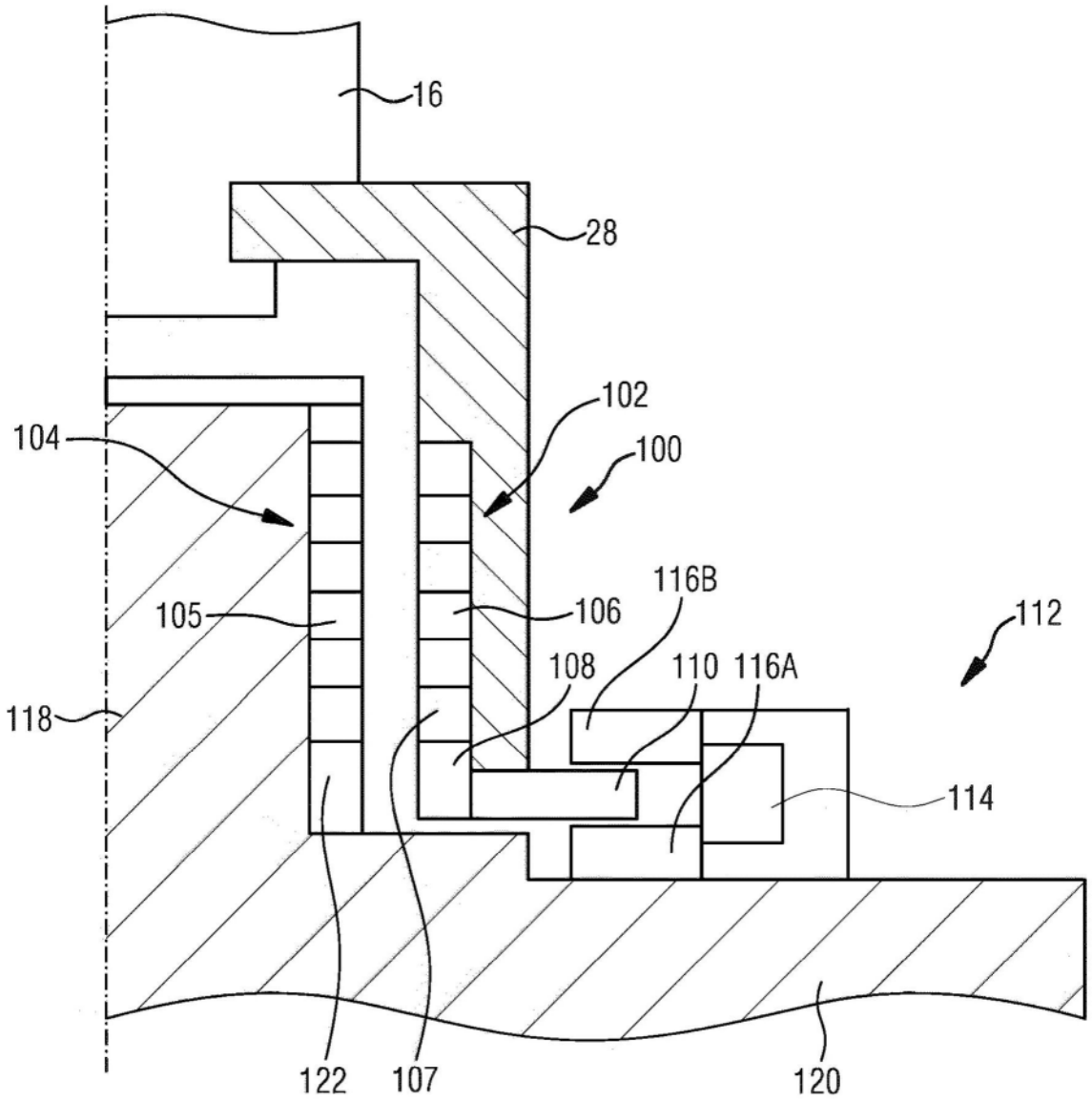

16
28
102
104
100
116B
105
106
112
108
110
116A
118
114
122
107
120

图2

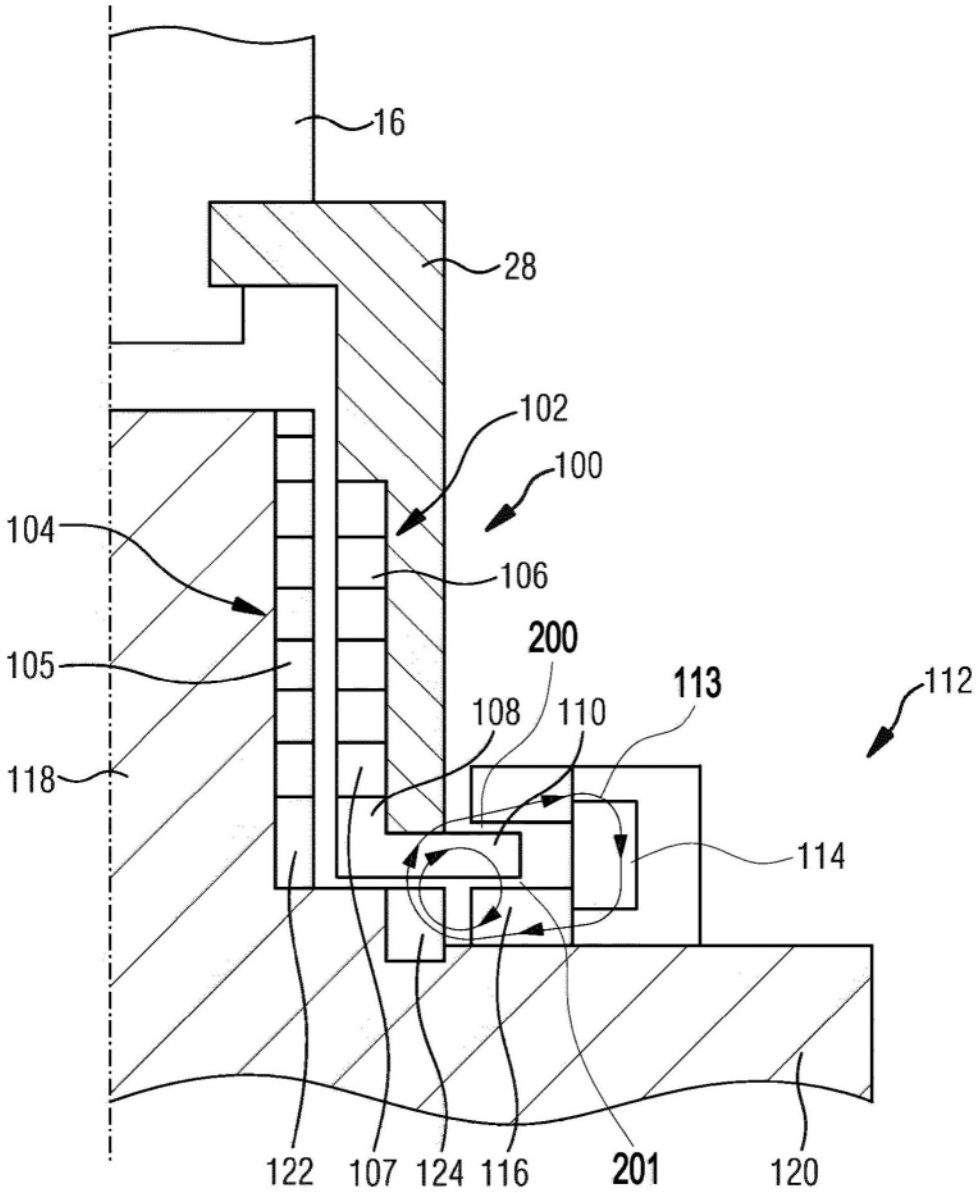

16
28
102
100
104
106
200
105
113
112
108
110
118
114
122
107
124
116
201
120

图3

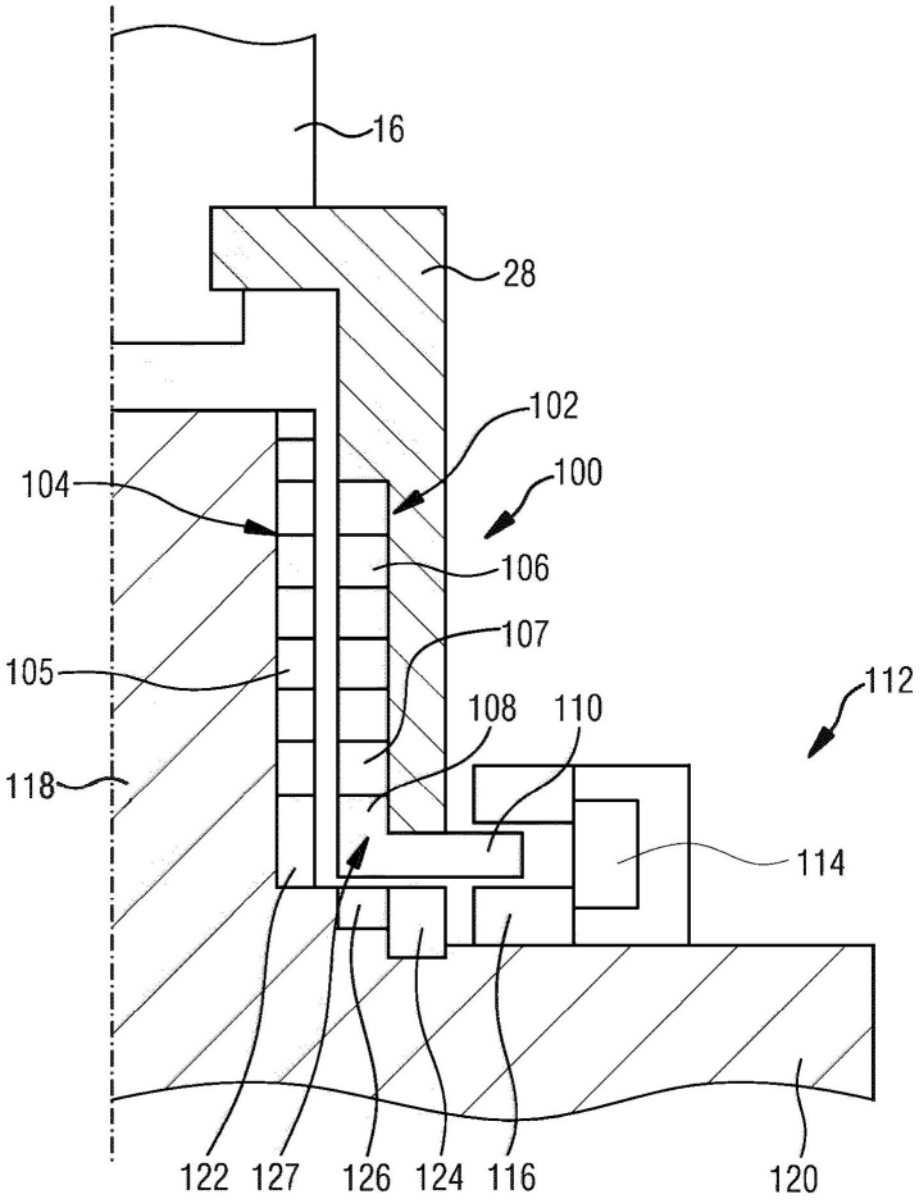

16
28
102
100
104
106
107
105
112
108
110
118
114
122
127
126
124
116
120

图4

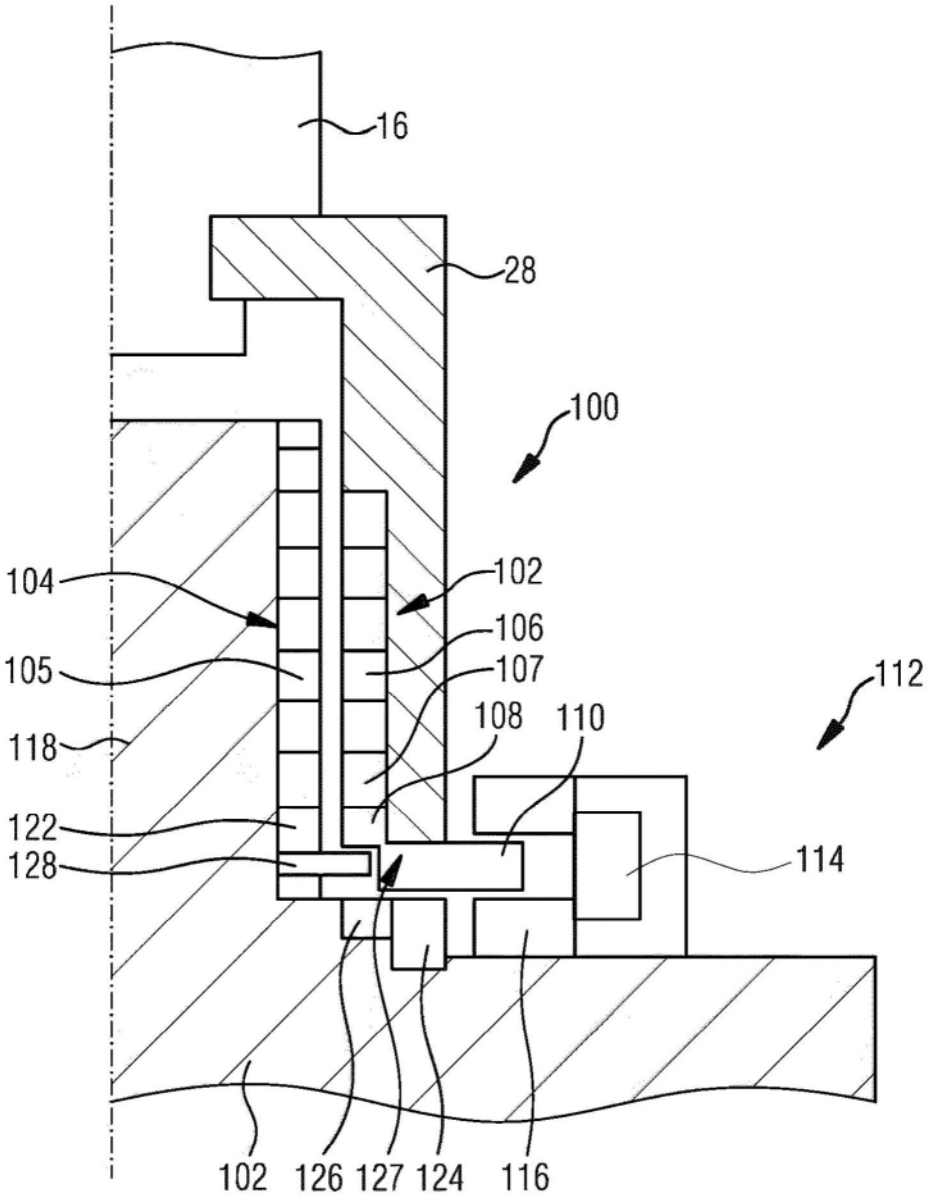

16
28
100
104
102
106
105
107
112
108
110
118
122
128
114
102
126
127
124
116

图5