



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113396292 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 28

(21) 申请号 201980090019.0  
 (22) 申请日 2019.11.22  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 113396292 A  
 (43) 申请公布日 2021.09.14  
 (30) 优先权数据  
 102018000010522 2018.11.22 IT  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2021.07.22  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/IB2019/060071 2019.11.22  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02020/105008 EN 2020.05.28  
 (73) 专利权人 埃尔特克有限公司  
 地址 意大利卡萨莱蒙费拉托  
 (72) 发明人 C·嘉蒂尼 M·皮齐 M·扎宁  
 S·阿勒拉

(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 石宏宇 万欣

(51) Int.Cl.  
 F16C 19/52 (2006.01)  
 F16C 41/00 (2006.01)  
 F16C 43/00 (2006.01)  
 G01L 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
 US 2016248296 A1, 2016.08.25  
 WO 2015059905 A1, 2015.04.30  
 CN 105659478 A, 2016.06.08  
 JP 2009248208 A, 2009.10.29  
 GB 201421781 D0, 2015.01.21  
 CN 103982543 A, 2014.08.13  
 NL 1017977 C2, 2002.11.05  
 JP 2002146568 A, 2002.05.22  
 DE 3908175 A1, 1989.09.28 (续)

审查员 姜松林

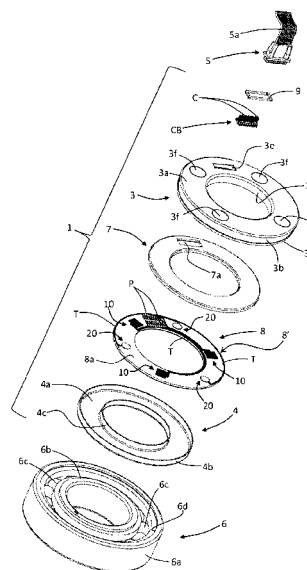
权利要求书3页 说明书22页 附图39页

(54) 发明名称  
 用于轴承的检测设备

(57) 摘要

一种轴承检测设备包括:外壳主体(2),其具有基本上环形的形状,被预布置成用于固定到轴承(6)的固定环(6a);以及在外壳主体(2)上的检测布置,其包括至少一个压电换能器(10;20)。检测布置还包括:浮动主体(7),其具有基本上环形的形状,安装在外壳主体(2)内,并且能够机械地放大轴承(6)的振动;传感器单元(8),其具有基本上环形的形状,设置在外壳主体(2)上的基本上固定的位置,支承主体(81)具有检测表面(8a),该检测表面(8a)构造成用于在其上直接地或经由插置至少一个另外的元件来接纳浮动主体(7)的对应表面。至少一个压电换能器(10;20)限定检测表面(8a)的至少部分,并且配置成用于产生电势差,该电势差与由浮动主体施加在至少

一个压电换能器(10;20)上的应力或力的量值基本上成比例。



CN 113396292 B

[接上页]

**(56) 对比文件**

CN 110168330 A, 2019.08.23

DE 102011054967 A1, 2013.05.02

JP H04316712 A, 1992.11.09

JP 2006258571 A, 2006.09.28

JP 2002357220 A, 2002.12.13

US 2018149200 A1, 2018.05.31

JP H112239 A, 1999.01.06

EP 2327895 A1, 2011.06.01

DE 19522543 A1, 1996.02.08

1. 一种轴承检测设备,包括:

-外壳主体(2),其被预布置成用于固定到轴承(6)的固定环(6a);以及

-在所述外壳主体(2)上的检测布置,其包括传感器装置,所述传感器装置包括至少一个压电换能器,

所述设备的特征在于,所述检测布置包括:

-至少一个浮动主体(7),安装在所述外壳主体(2)上,并且以合适的形式机械地传递所述轴承(6)的振动,

-至少一个传感器单元(8),安装在所述外壳主体(2)上的基本上固定的位置,所述至少一个传感器单元(8)具有至少一个检测表面(8a),所述至少一个检测表面(8a)构造成用于在其上直接地或经由插置至少一个另外的元件来接纳所述至少一个浮动主体(7)的对应表面,并且所述至少一个压电换能器限定所述检测表面(8a)的至少部分,并且配置成用于产生电势差,所述电势差与由所述至少一个浮动主体(7)施加在所述至少一个压电换能器上的应力或力的量值基本上成比例。

2. 根据权利要求1所述的轴承检测设备,其特征在于,所述外壳主体(2)具有基本上环形的形状,所述浮动主体(7)具有基本上环形的形状,并且所述传感器单元(8)具有基本上环形的形状。

3. 根据权利要求1所述的轴承检测设备,其特征在于,还包括至少一个弹性元件(3e; 3e'),其被预布置成用于将所述至少一个浮动主体(7)朝向所述至少一个传感器单元(8)推动或者用于将所述至少一个传感器单元(8)朝向所述至少一个浮动主体(7)推动。

4. 根据权利要求1所述的轴承检测设备,其特征在于,所述至少一个压电换能器包括至少在纵向方向(L)和横向方向(W)上延伸的相应的压电材料层(11;21),以及至少一个第一电极和一个第二电极,所述压电材料层(11;21)至少部分地在所述第一电极和所述第二电极之间延伸。

5. 根据权利要求4所述的轴承检测设备,其特征在于,所述第一电极和所述第二电极分别在所述压电材料层(11;21)的两个相反的主面、即第一主面和第二主面处延伸,并且所述压电材料层(11;21)具有极化轴线(PA),所述极化轴线在垂直于所述纵向方向(L)、所述横向方向(W)和由所述至少一个传感器单元(8)的支承主体(8')或由所述压电材料层(11;21)标识的平面中的至少一个的方向上延伸。

6. 根据权利要求1所述的轴承检测设备,其特征在于,所述至少一个压电换能器包括:第一压电换能器,其配置成用于产生表示施加到所述至少一个浮动主体(7)的第一剪切应力(SS)的第一电势差;以及至少一个第二压电换能器,其配置成用于产生表示施加到所述至少一个浮动主体(7)的第二剪切应力(SS)的第二电势差。

7. 根据权利要求6所述的轴承检测设备,其特征在于,所述第一压电换能器和所述至少一个第二压电换能器布置成使得所述第一压电换能器被设计成检测在第一方向上的剪切应力,并且所述至少一个第二压电换能器适合于检测在第二方向上的剪切应力,所述第一方向和所述第二方向相对于彼此倾斜。

8. 根据权利要求1所述的轴承检测设备,其特征在于,所述至少一个压电换能器包括下者中的至少一个:剪切应力压电换能器,其配置成用于产生与施加到所述至少一个浮动主体(7)的剪切应力(SS)基本上成比例的电势差;以及法向应力压电换能器,其配置成用于产

生与施加到所述至少一个浮动主体(7)的法向应力基本上成比例的电势差。

9. 根据权利要求4所述的轴承检测设备,其特征在于:

-所述至少一个压电换能器的所述第一电极和所述第二电极各自具有多个部分或指状物(F1,F2),所述多个部分或指状物(F1,F2)分别在所述压电材料层的第一主面和第二主面处延伸;和/或

-所述至少一个压电换能器包括分别在所述压电材料层的第一主面和第二主面处延伸的至少一个第三电极和一个第四电极。

10. 根据权利要求9所述的轴承检测设备,其特征在于:

-所述至少一个压电换能器包括所述第一电极、所述第二电极、所述第三电极和所述第四电极;并且

-所述第三电极具有呈与所述第一电极的所述部分或指状物交叉或交替的构造的相应的部分或指状物,并且所述第四电极具有呈与所述第二电极的所述部分或指状物交叉或交替的构造的相应的部分或指状物,所述第一电极、所述第二电极、所述第三电极和所述第四电极为基本上梳状的电极。

11. 根据权利要求1所述的轴承检测设备,其特征在于,所述至少一个压电换能器包括压电材料沉积层和在所述压电材料沉积层的两个相反的主面处的导电材料沉积电极。

12. 根据权利要求1所述的轴承检测设备,其特征在于,在所述检测表面(8a)和所述至少一个浮动主体(7)的所述对应表面之间设置有至少一个中间元件或层,所述至少一个中间元件或层能够将机械应力从所述至少一个浮动主体(7)传递到所述至少一个传感器单元(8)。

13. 根据权利要求1所述的轴承检测设备,其特征在于,所述外壳主体(2):

-包括基本上环形的至少一个第一主体部件(3)和一个第二主体部件(4),所述第一主体部件(3)和所述第二主体部件(4)具有基本上U形的横截面,和/或

-具有联接布置,所述联接布置构造成用于与所述轴承(6)的所述固定环(6a)联接,所述联接布置包括下者中的至少一个:

-多个至少部分地能够弹性变形的凸舌或齿;

-联接边缘,其根据圆周延伸;

-联接件,其构造成用于快速联接到所述轴承(6)的固定环和/或从所述轴承(6)的固定环快速释放;

-联接件,其构造成用于分别经由力基本上在轴向方向上相对于所述轴承分别紧固、松开;

-联接件,其包括具有至少部分地弯曲或倾斜的轮廓的边缘或凸舌;

-联接件,其包括在所述外壳主体的至少一个壁附近延伸的弹性柔性部分。

14. 根据权利要求1所述的轴承检测设备,其特征在于,所述传感器装置还包括在所述外壳主体(2)上的传感器元件(30),所述传感器元件(30)被预布置成用于检测所述轴承(6)的旋转环或与所述轴承(6)的旋转环相关联并随所述旋转环转动的元件(31)的角向移动或旋转移动。

15. 根据权利要求1所述的轴承检测设备,其特征在于,所述外壳主体(2)限定一个或多个表面元件(3m;3n;3o),以便于夹持所述外壳主体(2)以用于将所述外壳主体与所述轴承

(6)分离的目的。

16. 一种被感测轴承,其包括固定环、旋转环和在所述固定环和所述旋转环之间的滚动元件,根据权利要求1至15中任一项所述的轴承检测设备固定到所述固定环。

17. 一种用于获得根据权利要求1至15中任一项所述的轴承检测设备的方法,包括以下步骤:

i) 提供外壳主体(2);

ii) 通过在至少一个传感器单元(8)上设置至少一个压电换能器而提供至少一个浮动主体(7)和具有检测表面(8a)的所述至少一个传感器单元(8),所述压电换能器具有至少部分地在压电材料层的第一主面处的至少一个第一电极并且具有至少部分地在所述压电材料层(11)的第二主面处的至少一个第二电极;

iii) 执行所述压电材料层的极化;

iv) 将所述至少一个浮动主体(7)和所述至少一个传感器单元(8)设置在所述外壳主体(2)上,其中所述至少一个浮动主体(7)的表面抵靠所述至少一个传感器单元(8)的所述检测表面(8a)设置。

18. 一种用于检测轴承中的振动的方法,包括以下步骤:

i) 提供根据权利要求1至15中任一项所述的轴承检测设备;

ii) 将所述轴承检测设备相对于所述轴承(6)的固定环固连;

iii) 经由所述至少一个压电换能器产生与施加到所述至少一个浮动主体(7)的剪切应力(SS)和法向应力中的至少一个基本上成比例的电势差。

19. 一种轴承检测设备,包括:

外壳主体(2),其被预布置成用于固定到轴承(6)的固定环,以及

检测布置,其与所述外壳主体(2)相关联,包括至少一个浮动主体(7)和传感器装置;

其中,所述至少一个浮动主体(7)安装在所述外壳主体(2)内,并且能够机械地传递由所述轴承(6)产生的振动;

其中,所述传感器装置至少包括:

- 压电换能器,其能够在至少一个对应的检测表面由所述至少一个浮动主体(7)施加应力时产生电势差,以及

- 传感器元件,其用于感测角向移动或旋转移动,配置成用于检测所述轴承(6)的旋转环或随所述旋转环移动的元件(31)的移动或角向位置。

## 用于轴承的检测设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于轴承的检测设备,其包括至少一个传感器元件,该传感器元件配置成用于检测轴承或其部件的振动、移动或位移。本发明特别地参考检测设备开发,该检测设备将在轴承的两个相反侧面中的一个处直接安装在轴承的固定部件上。

### 背景技术

[0002] 如已知的,轴承是如下的设备:其设计成实现在两个部件之间的受约束的相对移动,并且可在多种类型的机械中使用,以用于抑制和支承旋转构件。

[0003] 在使用中,轴承经受不同的载荷,即静态和动态载荷两者。静态载荷典型地与轴承支承的重量成比例,而动态载荷典型地取决于轴承的使用状况。因此,在许多系统中,合乎期望的是,能够监测作用在轴承上的载荷:例如,在汽车行业中,轮毂的轴承的负载的信息可被系统有利地用于控制车辆的稳定性。

[0004] 为此目的,已知为轴承提供用于检测旋转的参数的设备,该设备大体上包括固连到轴承的一侧的传感器单元,该固连利用设置在轴承的固定外环中的环形凹槽。传感器单元典型地包括相对于旋转内环固定的诸如音轮的至少一个编码器元件,其因此在由与固定环相关联的传感器单元承载的一个或多个传感器前面转动。这种类型的设备实现检测轴承的旋转,并且获得诸如其旋转速度和其角加速度的参数。

[0005] 振动表示具有一定重要性的另外的参数,它能够提供关于轴承的状况的指示,例如,如果认为过度振动可为轴承即将磨坏或接近其使用寿命终点的事实标志的话。因此,除了由轴承承受的载荷之外,可证明监测对应的振动也是有用的。因此,还提出了能够检测该参数的检测设备,检测设备中的一些基于压电材料的使用。

[0006] 例如,US 5677488 A描述了一种用于检测轴承中的振动的设备,该设备包括由压电均聚物或共聚物制成的膜所构成的至少一个换能器,该膜直接胶合在轴承的固定环上,或者胶合在元件上,该元件继而固定到前述固定环。在一个实施例中,该设备包括基本上环形的外壳主体,该外壳主体具有基本上U形的横截面,直接或间接地固定到轴承的固定部件,其中至少一个弧形压电膜胶合到前述外壳主体的底壁或周向壁。该设备的生产通常是复杂的,并且意味着在设备的组装期间以及当其上胶合有膜的元件将机械地固定到轴承的对应部件时压电聚合物膜有撕裂的风险。

[0007] 从WO 02/088653A1还知道一种被感测轴承,其具有用于检测径向载荷的布置,该布置包括商用类型的压电板,该压电板具有毫米级尺寸,例如5mm×5mm,厚度为0.4mm。在轴承的内环和外环中的一个中限定有空腔,压电板设置在该空腔的底壁(更靠近轴承的旋转轴线的壁)上,在板和空腔的相反壁之间设置有至少一个弹簧,因此弹簧在轴承的径向方向上施加弹簧的反作用力。以该方式,压电板实现测量轴承上的径向载荷。在不同的实施例中,设置在压电板和弹簧之间的是由弹簧推压在压电板上的中间主体,以便也实现检测轴承的振动。同样,这种类型的结构通常生产起来复杂,既需要在轴承的环中的一个中获得外壳空腔,又需要在空腔内部组装检测系统的构件。

## 发明内容

[0008] 总的来说,本发明的目的基本上提供一种呈被设计成固连到轴承的固定部件的类型的检测设备,该检测设备制造简单、紧凑且便宜,但是其特征在于改善的检测和/或高检测精度以及操作的可靠性。

[0009] 根据本发明,通过根据本发明的轴承检测设备实现上述和其它目的,这些目的将在下文中更清楚地显现。。

## 附图说明

[0010] 参考附图,本发明的另外的目的、特征和优点将从随后的详细描述中清楚地显现,附图仅通过解释性而非限制性示例的方式提供,并且在附图中:

[0011] -图1和图2是根据本发明的可能实施例的检测设备的从不同角度观察的示意性透视图;

[0012] -图3和图4是根据本发明的可能实施例的检测设备的从不同角度观察的示意性透视图,该检测设备机械地固连到轴承,在图4中该设备是局部截面的;

[0013] -图5是图3和图4的检测设备的分解透视图;

[0014] -图6和图7是根据本发明的可能实施例的检测设备的局部和示意性截面透视图,该检测设备固连到对应的轴承;

[0015] -图8是根据本发明的可能实施例的检测设备的传感器单元的部分的示意性透视图;

[0016] -图9是根据本发明的可能实施例的检测设备的传感器单元的第一压电换能器的分解示意图;

[0017] -图10是根据本发明的可能实施例的检测设备的传感器单元的第二压电换能器的分解示意图;

[0018] -图11和图12分别是图9中所示出的类型的压电换能器的从上方和从下方观察的示意性表示;

[0019] -图13是根据本发明的可能实施例的检测设备的传感器单元的部分的示意性透视图;

[0020] -图14是根据本发明的可能实施例的检测设备的传感器单元的部分的示意性透视图;

[0021] -图15是图14的传感器单元的的部分的第一截面透视图;

[0022] -图16是图15的处于较大比例的详图;

[0023] -图17是图14的传感器单元的的部分的第二截面透视图;

[0024] -图18是图17的处于较大比例的详图;

[0025] -图19和图20是根据本发明的第一可能实施例的检测设备的传感器单元的压电换能器的前视图的示意性表示,该压电换能器呈两种不同的电连接构造;

[0026] -图21是示意性透视图,其旨在例示根据本发明的可能实施例的检测设备的传感器单元的压电换能器的操作原理;

[0027] -图22是根据本发明的可能实施例的检测设备的传感器单元的示意性俯视平面视图;

- [0028] -图23是类似于图14的视图的视图,关于根据本发明的另外的可能实施例的检测设备的传感器单元的压电换能器;
- [0029] -图24和图25是类似于图19和图20的示意性表示的示意性表示,关于图23中所示出的类型的换能器;
- [0030] -图26是类似于图25的视图的视图,其旨在例示图23中所示出的类型的压电换能器的操作原理;
- [0031] -图27、图28和图29是类似于图24、图25和图26的示意性表示的示意性表示,关于根据本发明的另外的可能实施例的检测设备的传感器单元的压电换能器;
- [0032] -图30至图31和图32至图33是根据本发明的另外的可能实施例的检测设备的从不同角度观察的示意性透视图;
- [0033] -图34和图35是根据本发明的另外的可能实施例的检测设备的示意性透视图,该检测设备固连到对应的轴承,图35是局部和截面视图;
- [0034] -图36和图37是根据本发明的另外的可能实施例的检测设备的示意性透视图,该检测设备固连到对应的轴承,图37是局部和截面视图;
- [0035] -图38是根据本发明的另外的可能实施例的检测设备的局部截面的示意性透视图,该检测设备固连到对应的轴承;
- [0036] -图39是图38的处于较大比例的详图;
- [0037] -图40和图41是图38中所示出的类型的检测设备的从不同角度观察的分解示意图;
- [0038] -图42是图38中所示出的类型的检测设备的传感器单元的局部分解示意性透视图;
- [0039] -图43是固连到对应轴承的图38中所示出的类型的检测设备的局部和示意性截面透视图;-图44和图45是示意性透视图,其旨在例示设计成用于从对应轴承分离检测设备的抽出器设备的可能使用模式;
- [0040] -图46是图44至图45中所示出的类型的抽出器设备的示意性横截面视图;
- [0041] -图47和图48是根据本发明的另外的可能实施例的检测设备的示意性透视图,该检测设备固连到对应的轴承,图48是局部和截面视图;
- [0042] -图49是示意性透视图,其旨在例示图45至图46中所示出的类型的抽出器设备的可能使用模式,该抽出器设备用于将图48至图49中所示出的类型的检测设备与轴承分离;以及-图50是根据本发明的另外的可能实施例的检测设备的示意性透视图,该检测设备固连到对应的轴承。

### 具体实施方式

[0043] 在本描述的框架中对“实施例”、“一个实施例”、“多种实施例”等的引用意在指示关于实施例描述的至少一个特定构造、结构或特征包括在至少一个实施例中。因此,在本描述的多种点中可存在的诸如“在实施例中”、“在一个实施例中”、“在多种实施例中”等的短语不一定指同一个实施例,而是可改为指不同的实施例。此外,在本描述的框架中限定的特定构象、结构或特征可在一个或多个实施例(甚至不同于所示出的实施例)中以任何适当的方式组合。本文中特别地参考附图中的示例使用的参考数字和空间参考(诸如“上部”、“下

部”、“顶部”、“底部”、“前”、“后”、“竖直”等)仅是为了方便而提供,并且因此并不限定保护范围或实施例的范围。在本描述中和本发明中,通用用语“材料”将被理解为也包括多种不同材料的混合物、组合物或组合。在本描述中和本发明中,通用用语“力”和“应力”将被理解为也包括优选地呈动态类型的矢量物理量,其由至少一个经受检测的部件的机械载荷和/或振动和/或尽管最小的移动或位移确定。在本描述中和本发明中,被称为“轴向方向”和“径向方向”的方向将被理解为分别平行于轴承的旋转轴线和半径的方向,根据本发明的设备将与该轴承相关联。在附图中,相同的参考数字用于表示彼此类似或技术上等同的元件。

[0044] 在图1至图5中,整体上由1表示的是根据本发明的可能实施例的用于轴承的检测设备:在图1至图2中,设备1被孤立地示出,在图3至图4中,设备1示出为处于已安装状况,即,横向地固连到通用轴承,并且在图5中,设备1以分解视图表示。

[0045] 设备1包括优选地由金属材料制成的外壳主体2,尽管不排除外壳主体2由聚合物材料或金属和聚合物材料的组合制成的可能性。在多种优选实施例中,外壳主体2具有基本上环形的形状,并且由联接在一起的至少两个部件组成(然而,其它形状是可能的,诸如圆弧的形状)。在例示的情况下,主体4包括两个基本上环形的主体部件3和4,为了简单起见,其在下文中分别称为“盖”和“基部”,它们联接在一起以限定环形或环面外壳或腔室。

[0046] 在多种实施例中,基部4和盖3具有基本上U形的横截面,即包括两个周向壁和底壁:在图中,由3a、3b和3c表示的是盖3的底壁、外周向壁和内周向壁,而由4a、4b和4c表示的是基部4的相应的底壁、外壁和内壁。前述内壁和外壁可具有不同的直径,使得基部4可部分地接纳在盖3中,如所图示的情况下那样,或者反过来。还参考图6,在多种实施例中,当外壳主体2处于已组装状况时,基部4的周向壁的外表面与盖3的周向壁的内表面相邻。

[0047] 在多种实施例中,基部4和盖3固定在一起,例如经由将部件焊接、或联接、或铆接、或胶合在另一部件上来固定在一起,以便至少部分地在主体4内包封下文中所描述的检测布置。在图中,由5表示的是线路5a的连接器的,其用于将前述检测布置的电气和/或电子构件电连接到未表示的外部控制系统,例如车辆的机载控制单元。

[0048] 外壳主体2被预布置成用于相对于整体上由6表示的旋转轴承的固定环机械地固连,旋转轴承的类型包括外环6a、内环6b和利用可能的保持架或保持器设置在两个环之间的多个滚动元件6c。可与检测设备1组合使用的轴承的结构在任何情况下都可呈任何已知的类型,并且与本发明的目的无关。在下文中,将假设轴承的固定环是外环6a,尽管从本发明的范围不排除经由联接系统的适当修改将该设备固定到内环6b(如果内环是固定的)(例如,设想用于相对于内环6b固定设备1的元件,其基本上类似于参考设备1相对于外环6a的固定所描述的元件)。

[0049] 在多种实施例中,外壳主体2具有至少一个联接边缘,该联接边缘构造成用于与轴承6的对应固定环6a联接。在该示例中,由3d表示的前述边缘是基本上环形的,并且由盖3的外壁3b限定。在图1至图5的示例中,前述联接边缘3d基本上由外壁3b的端部部分限定,向外弯曲以便能够接合限定在轴承6的固定环6a中的环形座或凹槽,如在图6中可看到的。在该示例中,在图5中由6d表示的上述环形凹槽设置在环6a的内侧(即环6a的面向环6b的外周向侧的周向侧)处:这种类型的凹槽设置在市场上可获得的多种轴承中,例如以用于固定屏蔽环以保护免受灰尘渗透的影响。从这个角度来看,在多种实施例中,设备1的外壳主体2优选地成形为以便提供保护或屏蔽,以免受在轴承6的滚动元件6c所在区域中的灰尘的任何可

能的渗透的影响。

[0050] 在其它实施例中,壁3b的端部部分可不同地成形,例如,以便限定环形浮凸,该环形浮凸可相对于前述环形凹槽6d的边缘接合,如图7中所例示的,而同时保持主体2与环6a的基本上弹性或卡扣动作的联接。这样的浮凸可具有成形的轮廓,例如基本上弯曲或在相反方向上倾斜以形成V或U,该轮廓由壁3b的倒圆或弯曲部分限定,以便实现快速或卡扣动作的插入/抽出。利用这样的结构,由于壁3b的尽管最小的弹性,跟随在组装期间在设备1上朝向轴承6施加的轴向推力,前述部分可弯曲,并在轴承的对应环(这里是环6a)的表面上滑动,并且然后弹性地打开,从而接合在对应的凹槽6d中。相反的行为发生在例如使用下文中所描述的类型抽出器设备将拉动动作施加到设备1以将其与轴承6分离的情况下。

[0051] 不管具体形状如何,在多种优先实施例中,限定联接边缘的外壳主体的壁包括弹性柔性部分,其在轴向方向上延伸超过面向轴承的外壳主体的底壁(为了参考,参见图35中由FP表示的壁的部分,其延伸超过主体2的底壁4a)。再次概括地说,联接边缘优先地成形(例如,倒圆或倾斜)为以便能够在轴承的对应环(诸如环6a)的至少一个边缘或表面上滑动,其中相应的壁部分(诸如前面提到的部分FP)可至少在前述底壁(诸如壁4a)处或附近弯曲。

[0052] 在多种实施例中,外壳主体2被设计成在其已安装状况下定位在对应于轴承6的面或轴向端的位置,如例如从图3和图4中可清楚地注意到的,或者以便被设置在轴承6的旁边。在这种类型的多种实施例中,主体2的直径或横向阻碍的尺寸优选地小于轴承的外环的直径;相反,主体4的中心通道的周边尺寸或直径优选地大于轴承6的内环6b的对应通道。

[0053] 安装在外壳主体4上的是前述检测布置,其设置有传感器装置。该布置包括至少一个浮动安装的主体,在图5中整体上由7表示,该主体优先地具有基本上环形的形状,并且能够机械地传递由轴承6在外壳主体4上引起的应力,如将在下文中解释的。

[0054] 浮动主体7可由电绝缘材料制成,或者由至少局部涂覆有电绝缘材料的金属材料制成(或者将与浮动主体协作的传感器装置可以以电绝缘方式涂覆)。

[0055] 再次参考图5,检测布置还包括整体上由8表示的传感器单元,其具有支承主体8',该支承主体优选地具有基本上环形的形状,并且安装在外壳主体2上的基本上固定的位置或对应外壳内。传感器单元8或其支承主体8'具有传感器装置10和20和特别地至少应力传感器装置,其被设计成检测浮动主体7的机械应力和/或振动和/或相对于外壳主体4的移动或位移。如将看到的,与主体8'相关联的前述应力传感器装置包括至少一个压电换能器,其特别是呈设计成响应于应力和/或机械载荷和/或振动(诸如在上述传感器装置或换能器中引起的力或应力的变化)而产生电势差或电压和/或电流的类型。

[0056] 支承主体8'同样设想电连接导电轨道,其中一些由T表示。在图5的示例中,导电轨道T终止于焊盘P中,与焊盘P相关联的是形成由CB表示的连接器的部分的相应的电连接端子C,其配置成用于与设置在线路5a的近端处的连接器5联接。为此目的,主体4设置有通道3e,以实现接近连接器CB,如由9所表示的元件示意性地表示的,优先地与该通道相关联的是密封件、粘合剂和框架中的至少一个,以用于抑制和/或定位和/或固定连接器本身;在该示例中,通道3e和元件9在盖3上,特别是在其底壁3a上。

[0057] 在多种实施例中,浮动主体7设置在盖3和传感器单元8之间(即,传感器单元8设置在浮动主体7和基部4之间):由于这个原因,浮动主体7也优选地设置有通道7a,由单元8承

载的连接器CB定位在该通道7a处,该通道尺寸设计成以便防止所讨论的部件之间的任何机械干涉(备选地,通道7a可对应于浮动主体7的中断,在这种情况下,浮动主体7将具有圆弧的形状)。

[0058] 传感器单元8的主体8' 具有在图中由8a表示的检测表面,其至少局部地由前述应力传感器装置限定。在多种实施例中,检测表面8a(或至少部分地限定它的对应传感器装置10、20)至少局部地与对应浮动主体7的对应面对表面接触(特别是在由应力传感器装置限定的表面8a的一个或多个部分处)。在其它实施例中,设置在检测表面8a和浮动主体7的前述面对表面之间的是至少一个另外的中间元件或层(例如,树脂层、或粘合层、或聚合物层),其在任何情况下都被设计成将机械应力从浮动主体7传递到传感器单元8或对应的传感器装置。

[0059] 在设备1的已组装状况下,传感器单元8因此安装在外壳主体4内,其中主体8' 优选地被限制在固定位置,其中浮动主体7的面对表面搁置(直接地或者插置某一其它可能的元件,例如树脂)在检测表面8a上。主体8' 在外壳主体上的固定可通过胶合或者通过所讨论的两个部件之间的机械干涉或者通过在它们之间提供形状配合来获得。

[0060] 在多种优选实施例中,设备1包括至少一个弹性元件,其被预布置成用于将浮动主体7朝向传感器单元8推动,特别是在至少近似平行于轴承的旋转轴线的方向上(该轴线在图4中由X表示)。在多种特别有利的实施例中,前述至少一个弹性元件由设备的外壳主体2一体地限定,例如在设备的盖3中。这样的情况在图1至图5中例示,其中盖3的底壁3a成形为以便限定朝向主体2的内部突出的多个压纹3f。这些压纹3f与浮动主体7的上表面接触,例如在图6中可清楚地看到的,并且在将浮动主体7朝向传感器单元8推压的意义上作为弹簧操作。在该示例中,多个压纹3f设置成沿着盖3的壁3a角向地分布。如下文中所解释的,还可能提供诸如贝氏垫圈等的弹性元件,该弹性元件构造为相对于外壳主体2的不同部件并安装在外壳主体2上。

[0061] 如可认识到的,并且例如参考图5,设备1的组装非常简单:单元8和浮动主体7定位在基部4中,其中浮动主体7的通道7a在对应于连接器CB的位置,连接器CB先前已经连接到焊盘P;接下来,联接在基部4上的是盖3,其中对应的通道3e在对应于连接器CB的位置,框架9安装在该通道上;外壳主体2的两个部件3、4然后可固定在一起,例如焊接在一起。如先前所描述的,设备1或其主体2然后可接合到轴承6,并且连接器5可联接到能够通过通道3e和框架9接近的连接CB。

[0062] 图8仅通过示例的方式图示传感器单元8的支承主体8' 的部分,其具有对应的应力传感器装置10和20的布置,该布置不同于图5中可见的布置,但是根据相同的原理实施。

[0063] 在多种实施例中,主体8' 基本上提供衬底,衬底优选地但不一定是平面的。主体8' 可指示性地具有0.5和4mm之间的厚度。主体8' 可由电绝缘材料(例如,陶瓷材料)制成,或者可由导电材料(例如,金属或金属合金(例如,钢))制成,或者可由陶瓷材料或陶瓷氧化物或陶瓷氧化物的混合物(例如氧化铝或氧化铝和氧化锆的混合物)制成,该导电材料至少部分地涂覆有电绝缘材料并且涂覆有一层介电材料(例如,聚合物或金属氧化物或氧化物的混合物)。在多种优选实施例中,主体8' 形成为普通的印刷电路板(PCB),其例如由适合于生产印刷电路板的vetronite或任何其它材料(不一定是复合材料)制成。

[0064] 在基部4的主体8' 的主面或主表面(对应于检测表面8a)处设置有至少一个第一换

能器,该第一换能器包括至少一层压电材料,其所具有的长度、宽度和厚度分别在图8中由L、W和H表示的方向上延伸。参考主体8'的平面,这些方向L、W和H在下文中也将分别称为纵向方向、横向方向和法向方向。

[0065] 在多种实施例中,由10表示的前述第一压电换能器特别地配置成用于检测剪切应力,即在纵向方向L和/或横向方向W上具有至少一个分量的应力。前述换能器被设计成与浮动主体7协作,以便产生表示由浮动主体确定的剪切应力的电信号。优选地,在多种实施例中,在主体8'的相同的被感测面处,可设置有至少一个第二压电换能器,该第二压电换能器基本上呈与第一换能器相同的类型,但是配置成用于检测在不同于前述第一换能器的方向的方向上的剪切应力。优选地,在多种实施例中,在主体8'的相同的被感测面处,可设置有至少一个另外的换能器,该换能器也优选地呈压电类型,特别地配置成用于检测法向应力,即在轴承的轴向方向上具有至少一个分量的应力:这样的换能器在图5和图8中由20表示。

[0066] 如已经提到的,在多种实施例中,在至少一个换能器10的上部部分上,即其与主体8'相反的侧部上,将搁置或连接有浮动主体7,浮动主体7能够跟随施加在轴承3上或由轴承3产生的载荷而相对于外壳主体2执行尽管最小的移动:因此,换句话说,轴承3向外壳主体2传递在方向L和/或W和/或H上具有至少一个分量的力,期望通过一个或多个压电换能器10和/或20测量该力的量值:该力从外壳主体2传递到基本上作为惯性质量体操作的浮动主体7,并且然后由换能器10和/或20检测和测量。

[0067] 假设传感器单元8相对于浮动主体7处于固定位置,在方向W和/或方向L上施加在浮动主体7上的力在换能器10上引起应力,该应力通过压电效应在对应的电极两端产生与引起的剪切应力的量值成比例的电势差。以该方式,有可能获得对应于由轴承6施加在主体2上的载荷的方向的信息。

[0068] 浮动主体7也可搁置在压电换能器20的上部部分上或与该上部部分相关联:当向浮动主体7施加在方向H上具有至少一个分量的轴向力时,在换能器20中产生对应的应力,该应力通过压电效应在对应的电极两端产生电势差,该电势差表示所引起的法向应力的量值。

[0069] 在多种优选实施例中,根据本发明的设备的检测布置包括单个浮动主体7和单个传感器单元8,优选地两者都具有基本上环形的形状,如图中所例示的。然而,根据其它实施例,可提供不同形状(例如,弧形)的多个不同的浮动元件,浮动元件中的每个在功能上与至少一个相应的压电换能器10和/或20组合。对于这些情况,多种压电换能器可全部设置在例如具有环形形状的同个传感器单元8上,或者可提供不同形状(例如,弧形)的多个不同的传感器单元,传感器单元中的每个在功能上与至少一个相应的浮动主体组合。

[0070] 在多种实施例中,换能器或每个换能器包括压电材料的至少一个元件或层(为简单起见,在下文中称为“压电层”)和至少两个电极,电极中的每个与压电层的主面相关联。优先地,电极由导电材料制成的轨道(为简单起见,在下文中称为“导电轨道”)限定,其中这些轨道可能在其与对应电极相反的端部处限定例如呈焊盘形式的端子连接部分。例如,参考图8,其中换能器10和换能器20的压电层分别由11和21表示,字母“T”、“E”和“P”(后接对应的参考数字)分别标识前述导电轨道、对应的电极中的一些和对应的端子部分或焊盘。应当注意,电极E和轨道T不一定必须一体地形成:例如,有可能将压电层11或21形成为具有板状或层状形状的独立主体,然后在对应的压电层11或21的相反主面上形成电极E,然后在传

传感器单元8的主体8'的被感测表面8a上形成具有对应焊盘P的轨道T,并且最后将承载电极E的层11或21固连在被感测表面上,从而在电极E和对应轨道T之间提供必要的连接。这种解决方案类似于SMD类型的电子构件的安装,其中设置有电极的构件定位在诸如PCB或混合电路的电路路上,并且随后被软钎焊。

[0071] 优选地,压电层11和/或21、轨道T和电极E是基本上平面的,并且基本上彼此平行且平行于主体8'的对应面的表面而平放。

[0072] 在多种实施例中,换能器10和/或20(即,或者压电层11和/或21)经由在主体8'上和/或至少部分地在下电极上沉积材料(例如经由丝网印刷或旋涂)获得。

[0073] 优先地,电极E或导电轨道T也使用沉积过程形成,例如利用丝网印刷技术、或溅射技术、或热蒸发的技术、或通过分配、或更一般地利用设计成用于在对应的衬底上沉积导电材料的任何已知技术形成。

[0074] 在多种优先实施例中,整个换能器10和/或20经由在主体8'上沉积不同材料的连续层来获得,即,首先通过沉积将至少部分地设置在层11和/或21的下面上的导电部件,然后沉积压电层11和/或21,并且最后沉积将至少部分地设置在层11和/或21的上面上的导电轨道。

[0075] 优先地使用丝网印刷技术获得堆叠层中的沉积,在这种情况下,压电层11和/或21可具有在20和300 $\mu\text{m}$ 之间(优选地近似100 $\mu\text{m}$ )的厚度,其中电极E和轨道T改为具有在8和25 $\mu\text{m}$ 之间(优选地近似15 $\mu\text{m}$ )的厚度。备选地,压电层(和电极E和/或轨道T)可使用薄膜技术(诸如溶胶-凝胶、溅射或CVD(化学气相沉积))沉积,在这种情况下,该层可具有在50和2000nm之间、优选地在500和800nm之间的厚度(轨道/电极可具有在50和200nm之间、优选地在80和120nm之间的厚度,并且可通过溅射、热蒸发或利用金属有机油墨丝网印刷来沉积)。

[0076] 层11或每个层11和/或21可使用具有压电陶瓷(压电陶)基质的糊剂来沉积,而电极E可使用具有金属基质的糊剂来获得,金属基质优选地为贵金属(例如,具有铂或银或银-钯或银-铂基质的糊剂)。

[0077] 压电层或每个压电层也可利用不同于上面例示的那些的技术获得,和/或不一定经由在衬底上沉积或生长材料获得:例如,压电层可构造为由压电陶瓷制成的主体,该主体通过压缩粉末并随后烧结粉末而获得,电极E接下来沉积或施加在该主体的两个主面上,并且然后连接到改为设置在主体8'的对应面上的对应轨道T。同样在这种情况下,如先前所描述的,该过程类似于将SMD类型的压电陶瓷元件安装在PCB上或混合电路路上。

[0078] 在图9中,换能器10以分解视图示意性地表示。如可注意到的,在多种实施例中,压电层11在纵向方向L上延伸,并且具有两个相反的主面11a和11b,在主面11a和11b处分别存在至少一个第一电极E1和一个第二电极E2。优先地,与每个电极E1和E2相关联的是对应的导电轨道T1和T2,其至少部分地在主体8'的面8a上沉积或在任何情况下获得,限定相应的连接焊盘P1和P2。

[0079] 图10中示出针对换能器20的这种实施例,其中压电层21具有圆形形状,并且与其相反的主面21a和21b相关联的是相应的电极E22和E23,电极E22和E23也优选地为圆形的。

[0080] 也与每个电极E22和E23相关联的是对应的导电轨道T22和T23,其至少部分地设置在主体8'的面8a上,限定相应的连接焊盘P22和P23。应当注意,压电层21和对应的电极E22、E23的圆形形状虽然是优选的,但并不是必须的。

[0081] 如所述的,假设例如通过丝网印刷在图8的换能器10和20的上面例示类型的堆叠层中沉积,首先在主体8'的面8a上沉积限定带有对应的焊盘P2和P23的电极E1和E23的轨道T2和T23,接下来在面8a上以及在轨道T2和T23的限定电极E2和E23的部分上沉积压电层11和21,并且最后沉积轨道T1和T22,其中轨道T1和T22的部分(包括焊盘P1和P22)在面8a上延伸,并且其中它们的限定电极E1和E22的部分改为分别在压电层11和21的上面延伸。

[0082] 如所述的,在任何情况下,电极可配置为形成在先前通过烧结或以某种其它方式获得的层11和/或21的相反主面上的不同部件,并且然后在换能器10和20的组装期间电连接在主体8'上,在主体8'上改为获得轨道T1、T2和T22、T23。

[0083] 不管电极E1和E2是如何获得的,它们优选地是梳状电极,即,这些电极各自具有至少多个部分或齿或指状物,这些部分或齿或指状物在压电层11的延伸方向(这里是纵向方向L)上分别在压电层11的两个相反的主面11a和11b上延伸。

[0084] 根据本发明的优先方面,并且特别地参考图9,压电换能器10包括至少一个第三电极E3和至少一个第四电极E4,它们也优选地是梳状电极,或者在任何情况下各自具有分别在压电层11的两个相反主面11a和11b处在纵向方向L上延伸的多个指状物。再次根据本发明的前述优先方面,第三电极E3的指状物呈与第一电极E1的指状物交叉或交替的构造,并且第四电极E4的指状物呈与第二电极E2的指状物交叉或交替的构造。

[0085] 电极E3和E4优先地使用与用于形成电极E1和E2的技术相同的技术并在相同的生产步骤中获得。因此,再次参考经由丝网印刷技术在重叠层中沉积的前面提到的示例,具有电极E4的轨道T4将在与获得主体8'上具有电极E2的轨道T2的沉积步骤相同的沉积步骤中形成,而具有电极E3的轨道T3将在与获得部分在压电层11上且部分在主体8'上具有电极E1的轨道T1的沉积步骤相同的沉积步骤中形成。

[0086] 图11和图12示意性地例示在层11的上面11a处的电极E1和E3的可能几何形状(图11),以及在层11的下面11b处的电极E2和E4的可能几何形状(图12)。如可认识到的,在非限制性示例中,上述电极E1-E4是梳状电极,并且因此包括一系列部分或齿或指状物,这些部分或齿或指状物优选地基本上彼此平行地延伸(这里是在层11的纵向方向L上),和/或优选地从相应的收集器或分布部分开始等距地(即,以彼此相隔基本上恒定的距离)延伸。

[0087] 例如,参考图11和图12,后接标识对应电极的数字的字母“D”和“F”分别精确地表示电极E的前述分布部分以及对应的指状物。如所述的,位于层11的同一个面上的电极E的指状物F是交叉的。在优先构造中,每个梳状电极E的指状物F是基本上直线的,但是这(尽管是优选的)并不构成基本特征,例如,指状物也有可能具有不同的改进。在该示例中,位于层11的同一个面上的两个电极E的分布部分D也基本上彼此平行,但是这种特征也不被认为是基本的。

[0088] 在图13中可看到换能器20所在的传感器单元8的部分,如所述的,该换能器20包括上电极E22和下电极E23,在它们之间设置有对应的压电层21。优选地,当通过在主体8'上沉积连续层来获得换能器20时,优选的是层21具有大于电极E22和E23的周边尺寸(这里是周长)的周边尺寸,电极E22和E23的周边尺寸优选地彼此基本上相同:与电极E22和E23相比,层21的较大周边尺寸简化了在例如经由丝网印刷的沉积过程期间多种材料层的堆叠。换能器20基本上作为压力传感器操作;即,当层21被压缩时,即当上电极E22被朝向下电极E23推动时,即当浮动主体7在基本上平行于轴承的轴线X的方向上被推压在检测表面8a上时,层

21产生电压(或电势差)。

[0089] 在图14中可看到换能器10所在的单元8的部分,如所述的,该换能器10包括压电层11,其中至少两个下梳状电极(这里不可见)呈交叉或交替的构造中,并且至少两个上梳状电极E1和E3呈交叉或交替的构造中。层11的面积例如可包括在1和600mm<sup>2</sup>之间,优选地在2和100mm<sup>2</sup>之间,以便覆盖下电极E2、E4,或者至少它们的指状物F2和F4的主要部分。

[0090] 从图15至图19的横截面视图可注意到,在多种实施例中,多种电极E的指状物F是如何基本上对称并且处于相互面对或相对的位置的。特别地,上电极E1的每个指状物F1处于与下电极E2的相应指状物F2基本上重叠或对齐的位置,并且优选地具有与下电极E2的相应指状物F2的形状和尺寸基本上相同的形状和尺寸;同样,上电极E3的每个指状物F3处于与下电极E4的相应指状物F4基本上重叠或对齐的位置,并且优选地具有与下电极E4的相应指状物F4的形状和尺寸基本上相同的形状和尺寸。

[0091] 例如,参考图19,在这种类型的实施例中,上电极E1和E3的相邻指状物F1和F3基本上以距彼此的第一距离D<sub>1</sub>延伸,而在电极E1的两个连续指状物F1之间、分别在电极E3的两个连续指状物F3之间的距离D<sub>2</sub>基本上不小于第一距离D<sub>1</sub>的两倍,优选地是距离D<sub>1</sub>的基本上两倍。在另一侧上,下电极E2和E4的相邻指状物F2和F4也基本上以距彼此的前述第一距离D<sub>1</sub>延伸,并且在电极E2的两个连续指状物F2之间以及分别在电极E4的两个连续指状物F4之间的距离D<sub>2</sub>同样基本上不小于第一距离D<sub>1</sub>的两倍,优选地是距离D<sub>1</sub>的基本上两倍。

[0092] 压电层11优先地由诸如PZT(锆钛酸铅)的陶瓷材料制成,该材料必须先前经受极化过程,特别是当有必要获得取向不同于用于后续机械激励的取向的压电材料的极化时。为此目的,在一侧上的下电极E2和E4中的至少一个与在另一侧上的上电极E1和E3中的至少一个之间,施加电场(指示性地包括在1和5kV/mm之间),以便将层11内部的电偶极子全部取向在相同的方向上(该操作通常被称为“极化”)。如已知的,为了执行极化步骤,换能器10(即其层11)通常被加热到给定的温度,例如包括在120°C和140°C之间,通常在任何情况下都低于居里温度,居里温度根据所选择的压电材料而变化(这里考虑居里温度为近似350°C的压电陶瓷的情况)。在已经达到该温度之后,施加电压达某个时间段,例如包括在1和50分钟之间,优选地在10和20分钟之间,然后当加热停止时,在材料的后续冷却期间也保持该电压。

[0093] 要提醒的是,压电效应(即,材料在其经历机械应力时呈现电势差的能力,或者材料在其经受电场时经历变形的能力)本质上基于材料的晶格的畸变。一种非常常见类型的压电陶瓷(诸如PZT)的特征在于当其处于高于居里温度的温度时的面心立方(FCC)晶格,其中在面的顶点处存在金属原子(例如铅原子),在面的中心处存在氧原子,并且在晶格的中心处存在比氧更重的原子(例如钛或锆)。在低于居里温度的情况下,根据钛和锆的相对百分比,晶格是四方或菱面体。通常,在两相都存在的情况下,使用接近50%的浓度。使用在钛上不平衡(例如具有近似60%的钛和40%的锆)的PZT组合物可为有利的,该PZT组合物呈现更高的居里温度。在不超过200°C的区域中的温度的情况下,在任何情况下都建议保持在变晶区之间的边界附近,该区包括在45%和55%的相对浓度之间,优选地针对52%钛的相对浓度。此外,有利的是使用掺杂剂(例如铌)来改善压电传感器的响应(优选浓度小于1重量%)。

[0094] 较重的中心原子可呈现不对称的稳定位置,从而引起电荷不平衡,其造成电偶极

子的形成。因此,压电材料借助于通常由加热支持的强电场来极化,该强电场如期望那样将其偶极子取向,并引起在材料的机械应力、热应力或电应力的极限内稳定的集体极化。在极化过程结束时,材料的晶格畸变,并且利用质量和电荷的位移的相同机制对机械应力或电应力作出反应,并且在其表面上产生电荷的变化。如果材料未被极化,则这种现象甚至会发生,但是,由于多种晶畴是随机布置的,故多种效应相互抵消。

[0095] 极化在压电层11的平面中,在正电势(+)处的极化电极和负电势(-)处的电极之间交替的方向上。最近已经证明了极化步骤如何引起氧空位朝向在负电势处的极化极迁移(例如,参见G.Holzlechner等人的“Oxygen vacancy redistribution in  $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$  (PZT) under the influence of an electric field”, *Solid State Ionics* 262:625-629, 2014)。此外,已经证明了较高浓度的氧空位如何引起压电陶瓷的极化降低(例如,参见A.B., Joshi等人的“Effect of oxygen vacancies on crystallisation and piezoelectric performance of PZT”, *Ferroelectrics*, 卷494, 117-122, 2016)。

[0096] 在本文中考虑的具体情况下,因此将在极化期间已经设置在正电势处的电极附近获得较高质量的层11的压电材料:在这种情况下,所谓的“材料的质量”被理解为晶格的更有序的结构,因为氧空位的浓度较低或者相反地氧离子的浓度较高,在理想情况下,氧离子开始占据在例如 $\text{ABO}_3$ 类型的晶体形式中所有可用的氧位点,其中在最常见情况(其为PZT的情况)下,A对应于铅( $A=\text{Pb}$ ),并且B对应于锆或钛( $B=\text{Zr}$ , 或 $B=\text{Ti}$ )。因此,在连接到正电势的电极附近,材料的极化更强,在那里,(负)氧离子已经迁移,从而在连接到负电势的电极附近留下(正)氧空位。

[0097] 根据本发明的另外的优先方面,利用与当压电换能器10用于检测剪切应力时后续使用的相同电极的电连接的构造不同的多种上梳状电极和下梳状电极的电连接的构造来获得压电层11的极化。换句话说,层11设置有电极,这些电极至少部分地用于压电材料层的极化目的和由层11自身产生的电信号的后续测量或检测目的两者。

[0098] 准确地说,图19是换能器10或其压电层11的极化的可能步骤的示意性表示,其中电极E1和E2一起电连接到负电势(-),而电极E3和E4一起电连接到正电势(+)并且与电极E1和E2电绝缘。因此,氧离子将趋于集中在包括在指状物F3和F4之间的区域附近,部分地在电极下面的区域中,并且部分地在没有电极的区域中,在指状物对F3-F4和F1-F2之间最靠近带正电的F3-F4的区域中,而氧空位将趋于集中在包括在指状物F1和F2之间的区域附近,部分地在电极下面的区域中,并且部分地在没有电极的区域中,在指状物对F3-F4和F1-F2之间最靠近带负电的F1-F2的区域中。

[0099] 在图19中,在层11的中心处的小箭头VP通过示例的方式表示极化矢量,该极化矢量通过在一侧上的电极E1和E3与另一侧上的电极E2和E4之间施加电势差来确定。如可认识到的,由PA表示的极化轴线在方向W上延伸;即,它横向于纵向方向L。在每对重叠的指状物F1-F2和F3-F4之间轴向地(方向H)延伸的压电材料的区域比在前述指状物对之间在横向方向(方向W)上延伸的材料的区域极化更少:这基本上是由于设置在前述指状物对之间的极化区域的变形,该极化区域趋于变细和变长。

[0100] 图20改为图示在换能器10后续用于检测目的时电极E1-E4是如何与不同于层11的极化步骤中所使用的电连接构造的电连接构造一起利用的。

[0101] 特别地,上电极E1和E3电连接在一起(这里,纯粹通过示例的方式,连接到正电势

+)，而下电极E2和E4电连接在一起(这里，纯粹通过示例的方式，连接到负电势)，并且与其它两个电极E1和E3电绝缘。以该方式，在纵向方向L上具有至少一个分量的在压电层11中引起的剪切应力在一侧上的电极E1和E3与另一侧上的电极E2和E4之间产生电势差，该电势差的值与引起的剪切应力基本上成比例。

[0102] 图21旨在以示意性方式准确地突出极化矢量VP的行为，极化矢量VP中的仅两个以较大的比例示意性地表示。当层11经受剪切应力SS时，发生矢量VP的各向异性旋转，这引起在上电极E1和E3与下电极E3和E4之间电荷的出现，剪切应力SS在指状物F的延伸方向上(这里基本上在纵向方向L上)具有至少一个分量，并且因此基本上横向于或垂直于极化轴线。

[0103] 将认识到，在任何情况下，通过在传感器单元8上提供以不同方式取向的多个换能器10，有可能经由浮动主体7检测轴承6施加在外壳主体2上的应力的量值和这些应力出现的方向两者。

[0104] 这种类型的示例在图5中图示，并且更详细地在图22中图示，其中传感器单元8包括三个换能器10，它们沿着单元本身的圆周角向地分布，以便检测相对于彼此基本上以 $120^\circ$ 取向的剪切应力SS。在图5和图22的非限制性示例中，同样提供了三个换能器20，以用于检测法向应力，即在轴承的轴向方向X上的应力。当然，在传感器单元8中可设想不同数量的换能器10和/或20。

[0105] 参考图19至图21描述的实施例(其特征在于上电极E1和E3的指状物F1和F3与下电极E2和E4的指状物F2和F4之间的对称布置，其中前者的指状物基本上面对或堆叠在后者的指状物上)实现检测在对应的压电材料层11的纵向方向(L)上发生(或具有至少一个分量)的层11的变形。这种类型的操作基于由于先前提到的氧空位的迁移而获得的极化的不对称性：然而，这并不构成本发明的基本特征，因为在极化和使用期间，利用指状物F之间的不同相对定位和/或电极E的电连接的不同构造，可获得不同的操作模式。

[0106] 例如，图23至图26涉及特征在于上电极E1、E3和下电极E2、E4之间(即对应指状物之间)的不对称布置的实施例。从图23可注意到换能器10的总体结构如何基本上类似于先前已经描述的结构，同样制造方式也可为类似的，例如使用堆叠层中的丝网沉积的技术。相反，电极E的指状物F的布置是不同的：特别地，两个不同电极的相邻指状物之间的距离小于同一个电极的两个连续指状物之间的距离。

[0107] 还特别地参考图24，在这种类型的多种实施例中，上电极E1和E3的彼此更靠近的相邻指状物F1和F3基本上以距彼此的第一距离 $D_1$ 延伸(这里在纵向方向L上)，而电极E1的两个连续指状物F1之间的距离 $D_2$ 大于距离 $D_1$ 的两倍(在该示例中，近似是 $D_1$ 的三倍)；电极E3的连续指状物F3也基本上以距离 $D_2$ 相隔。应当注意，上电极E1和E3的彼此不太靠近的相邻指状物F1和F3也以小于距离 $D_2$ 的距离 $D_3$ 相隔而延伸(在该示例中， $D_3$ 是 $D_1$ 的近似两倍)。

[0108] 在另一侧上，下电极E2和E4的彼此更靠近的相邻指状物F2和F4基本上以距彼此的前述第一距离 $D_1$ 延伸(这里在纵向方向L上)，并且电极E2的连续指状物F2和电极E4的连续指状物F4分别基本上在前述距离 $D_2$ 处。下电极E2和E4的彼此不太靠近的相邻指状物F2和F4也基本上以距彼此的距离 $D_3$ 延伸。

[0109] 从图24同样可注意到电极E1的每个指状物F1如何处于与电极E2的相应指状物F2基本上重叠或对齐的位置，以及电极E3的每个指状物F3如何处于与电极E4的相应指状物F4基本上重叠或对齐的位置。

[0110] 同样在这种情况下,利用与当压电换能器10要检测剪切应力时然后将使用的电连接构造不同的多种电极的电连接构造来获得压电层11的极化。

[0111] 事实上,图24示意性地表示换能器10或压电层11的极化的可能步骤,在此期间,电极E1和E2一起电连接到负电势(-),并且电极E3和E4一起电连接到正电势(+)并且与其它两个电极E1和E2电绝缘。同样在这种情况下,在层11的中心处的箭头VP通过示例的方式表示极化矢量,该极化矢量通过在一侧上的电极E1和E2与另一侧上的电极E3和E4之间施加电势差来确定。

[0112] 图25改为图示在为了检测剪切应力的目的而有效使用换能器10期间,电极E1-E4的电连接构造如何不同于在层11的极化期间使用的构造。特别地,上电极E1和E3电连接(这里,纯粹通过示例的方式)到正电势(+),并且下电极E2和E4电连接(这里,纯粹通过示例的方式)到负电势(-),并且与其它两个电极E1和E3电绝缘。

[0113] 以该方式,如图26中所例示的,在横向于纵向方向L的方向上(即,在方向W上)在层11中引起的剪切应力SS在一侧上的电极E1和E3与另一侧上的电极E2和E4之间产生具有与前述剪切应力SS成比例的值的电势差。在电极上产生电荷的极化矢量的变化可被视为由剪切应力引起的极化矢量的旋转。也可通过仅连接在相反面上的一对电极(例如电极E1和E2)来进行读取。

[0114] 如可认识到的,通过例如在单元8上提供根据图14至图21的第一换能器10和根据图23至图26的第二换能器10,但是其中相应的指状物F都在同一个方向上取向,在任何情况下都将有可能经由第一换能器检测基本上在第一方向(例如,对应于纵向方向L)上作用的载荷和经由第二换能器检测在基本上垂直于第一方向的第二方向(例如,对应于横向方向W)上作用的载荷。这种类型的实施例实现例如简化换能器的丝网沉积的步骤。

[0115] 例如,通过在单元8上提供相同类型(例如,根据图14至图21)的第一换能器10和第二换能器10,但是其中前者的指状物相对于后者的指状物以不同的方式取向,例如垂直于后者的指状物,也可获得相同的结果:这样的实施例使得有可能从换能器获得彼此更类似的信号。

[0116] 图27至图29涉及其它实施例,其特征在于上电极E1、E3和下电极E2、E4之间(即对应指状物F之间)的不对称布置,特别是上电极E1、E3中的至少一个的指状物相对于下电极E2、E4中的至少一个的指状物在方向W上交错的布置。

[0117] 除了前面提到的交错布置之外,换能器10的总体结构基本上类似于参考前面的图所图示的结构,同样制造方式也可为类似的,例如使用在堆叠层中的丝网沉积的技术。事实上,从图27至图29可认识到电极E的指状物F的不同布置:同样在这种情况下,两个不同电极的相邻指状物之间的距离小于同一个电极的两个连续指状物之间的距离,但是上电极的指状物F至少部分地相对于下电极的指状物F处于交错位置。

[0118] 特别地参考图27,在这种类型的多种实施例中,上电极E1和E3的彼此更靠近的相邻指状物F1和F3基本上以距彼此的第一距离 $D_1$ 延伸(这里在纵向方向L上),而电极E1的两个连续指状物F1之间的距离 $D_2$ 大于距离 $D_1$ 的两倍(在该示例中,近似是 $D_1$ 的三倍);电极E3的连续指状物F3也基本上以距离 $D_2$ 相隔。应当注意,上电极E1和E3的彼此不太靠近的相邻指状物F1和F3也以小于距离 $D_2$ 的距离 $D_3$ 相隔而延伸(在该示例中, $D_3$ 是 $D_1$ 的近似两倍)。在另一侧上,下电极E2和E4的彼此更靠近的相邻指状物F2和F4基本上以距彼此的第一距离 $D_1$ 延伸

(这里在纵向方向L上),并且电极E2的连续指状物F2和电极E4的连续指状物F4分别基本上以距离 $D_2$ 相隔。下电极E2和E4的彼此不太靠近的相邻指状物F2和F4也基本上以距离 $D_3$ 相隔而延伸。

[0119] 图27至图29的布置与图19至图20和图24至图26的布置的不同之处在于,上电极E3的每个指状物F3相对于下电极E4的相应指状物F4处于交错位置,并且上电极E1的每个指状物F1相对于下电极E2的相应指状物F2处于交错位置,优选地,其中上电极E1的每个指状物F1处于与下电极E4的相应指状物F4基本上重叠或对齐的位置。更一般地,两个上电极E1和E3中的一个的每个指状物F处于与两个下电极E2和E4中的一个的相应指状物F基本上重叠或对齐的位置,而两个上电极E1和E3中的另一个的每个指状物F处于相对于两个下电极E2和E4中的另一个的相应指状物F基本上交错的位置。如所述的,在图示示例中,上电极E1的指状物F1处于与下电极E4的指状物F4重叠或对齐的位置,而上电极E3的指状物F3相对于下电极E2的指状物F2处于交错位置。

[0120] 同样在这种情况下,利用与当压电换能器10用于检测剪切应力时使用的构造不同的多种电极的电连接的构造来获得压电层11的极化。

[0121] 事实上,图27示意性地表示换能器10或压电层11的极化的步骤,在此期间,四个电极E1、E2、E3和E4彼此电绝缘,并且在两个上电极中的一个(这里是设置在正电势(+ )处的电极E3)和两个下电极中的一个(这里是设置在负电势(- )处的电极E2)之间施加电势差,其中电势差所施加到的两个电极优选地是其指状物F(这里是电极E3和E2的指状物F3和F2)相对于彼此处于交错位置的电极。同样,在层11的中心处的箭头VP通过示例的方式表示极化矢量,该极化矢量通过在电极E3和E2之间施加电势差来确定。通过在电极E1和E4之间执行极化步骤,并且然后测量电极E3和E2之间的变形,也将获得对应于剪切应力的信号,但是对来自法向压缩的信号会有更大的影响,相反,通常合乎期望的是消除这种影响。

[0122] 在设置在正电势(+ )处的电极E3的指状物F3和设置在负电势(- )处的底部电极E2的相应指状物F2之间存在不同距离的情况下,极化矢量VP可具有不同的值;层11可具有不同极化的区域。

[0123] 图28改为图示在换能器10的有效使用期间电极E1-E4如何以与在层11的极化期间使用的构造不同的构造电连接。特别地,四个电极E1、E2、E3和E4总是彼此电绝缘,并且在电极E1和E4之间,跟随剪切应力在层11中引起的电势差被检测(在图示的非限制性示例中,电极E1检测负电势-,并且电极E4检测正电势+)。因此,将认识到,优先地,用于检测剪切应力目的的电极E是其指状物处于彼此基本上重叠或对齐的位置的电极。

[0124] 以该方式,如图29中所例示的,在横向于纵向方向L的方向上在层11中引起的剪切应力SS在电极E1和E4之间产生具有与前述剪切应力SS成比例的值的电势差。在电极上产生电荷的极化矢量的变化可被视为由剪切应力引起的极化矢量的旋转。

[0125] 在先前描述的实施例的多种示例中,与压电层11相关联的是两个上梳状电极E1和E3以及两个下梳状电极E2和E4;然而,在其它实施例中,梳状电极的数量可更多和/或上电极和/或指状物的数量可不同于下电极和/或指状物的数量。

[0126] 当然,换能器20的压电层21也必须先前经受极化。在压电层21的情况下,对应的极化轴线PA在横向于由层21标识的平面的方向(H)上延伸,如图13中所表示的:在这种情况下,在测量期间使用的电极与在极化期间使用的电极一致。

[0127] 大体上,在极化电极和测量电极一致的情况下,极化的方向垂直于压电层11或21。

[0128] 如例如参见图4和图7先前所提到的,优选地,与传感器单元8相关联的是用于电连接到外部系统的连接器CB,其包括多个端子C(图5),每个端子所具有的一个端部与设置在主体8'上的相应焊盘P电接触。图22例示十八个焊盘P和因此十八个端子C(每个换能器10有四个,并且每个换能器20有两个)的情况,但是显然该数量取决于设想的压电换能器的数量和类型(是具有两个还是四个还是六个电极等),可能具有一些共同的连接。

[0129] 连接器CB可有利地用于连接到用于极化目的的生产装备,即,其中电连接的第一构造与先前已经描述的(例如,参见图19)一致。随后,在安装设备1时,连接器5和线路5a可用于将换能器10和/或20电连接到使用对应检测的外部系统,其中电连接的第二构造与先前已经描述的(例如,参见图20)一致。

[0130] 图30至图31图示如下的实施例:其中外壳主体2的联接边缘不是连续边缘,而是由特别地在轴向方向上从盖3的壁3b突出的一系列凸舌或齿3d'限定。图30至图31还图示外壳主体的壁具有多个轴向中断的情况,以便限定多个柔性凸舌,每个柔性凸舌限定联接边缘的相应部分。

[0131] 图32至图33改为涉及不同的实施例,其中外壳主体4包括两个部件3、4,它们经由锻造(即,一个主体部件的一个或多个部分在另一个主体部件上弯曲)而固连到彼此。在该示例中,盖3的外壁3b具有凹部3g,壁3b在凹部3g上限定凸舌3h,凸舌3h抵靠基部4的底壁4a向后弯曲。优选地,盖3的内壁3c也具有抵靠基部4的壁4a向后弯曲的类似凸舌3i。

[0132] 图34和图35对应于变型实施例,其中将浮动主体7朝向传感器单元8推压的弹性装置由不同于外壳主体2的元件构成。在该示例中,盖3的壁3a中设置有面对主体4的外部的压纹31,以用于定位相应的弹性元件,例如板簧或贝氏垫圈,该弹性元件中的一个在图35中由3f'表示。

[0133] 先前已经例示将外壳主体2固定在环6a的内周表面处的情况,但是这并不构成基本特征。为此目的,图36至图37例示成形为用于与环6a的外周表面联接(特别是在由6e表示的对应凹槽或环形座内)的外壳主体的情况。对于这样的情况,盖3的外壁6a可比先前例示的情况下更高,并且联接边缘3d相应地被修改;由6e表示的类型的凹槽设置在市场上可获得的多种轴承中。

[0134] 在多种实施例中,根据本发明的检测设备的传感器装置还包括在外壳主体上的传感器元件,其被预布置成用于检测轴承的旋转环或与旋转环相关联并随其转动的元件的角向移动。在这种类型的实施例中,因此也可能获得对应于轴承的旋转的参数,诸如速度或加速度。基本上属于角向位置换能器的前述传感器元件优选地安装在传感器单元上。

[0135] 图38至图43中例示这种类型的实施例。在图示的情况下,安装在传感器单元8的主体8'上的是由30表示的至少一个旋转或角向移动传感器,其被预布置成用于检测由31表示的至少一个激励元件的旋转或角向移动,该激励元件能够随着轴承6的旋转环6b旋转或角向移动。

[0136] 在表示的示例中,前述可旋转元件31成形为类似于环形盘,并且因此可由音轮等构成,但是这并不构成基本特征,元件31可能被设计成激励旋转传感器30的一个或多个分立元件(例如,一个或多个小磁体)代替。事实上,所使用的换能器或编码器可呈适合于该目的的任何类型,例如电容或电感编码器、或者磁性编码器、或者光学编码器,在这种情况下,

旋转传感器30可分别为接近传感器、或者磁性传感器(例如霍尔效应或磁阻传感器)、或者光学传感器。

[0137] 在多种优先实施例中,传感器30是诸如霍尔效应传感器或磁阻传感器的磁性传感器,例如呈具有设置有电端子的主体的电子构件的形式,诸如SMD(表面安装设备)类型的构件。在多种实施例中,传感器30包括特别地设置有用于相应信号的两个相应端子或输出端的两个磁检测元件(例如,集成在单个构件或封装中),这种类型的磁检测元件被设计成也检测旋转的方向或角向移动的方向。设计成用于安装和/或软钎焊在传感器单元8的主体8'上的磁性传感器30也可包括至少一个压电传感器10和/或20。

[0138] 传感器30优选地在对应的贯穿开口(例如在图38、图39和图42中由8b表示)处安装在单元8上。例如在图40至图41中由4d表示的类似的贯穿开口在外壳主体4中限定在对应位置,这里是在基部4的底壁4a中。以该方式,旋转传感器30的敏感部件可直接面对外壳主体4的外部,特别是由轴承的旋转环6b承载的激励元件31(另一方面,在由非金属材料制成的基部4和电容或电感或磁类型的传感器30的情况下,开口4d可能不是不可缺少的)。

[0139] 在所表示的非限制性示例中(例如,再次参见图40至图41),与传感器单元8相关联的是第二连接器CB',其具有连接到限定在相应的导电连接轨道T30的第一端部处的焊盘P30(参见图42)的对应的端子C',在这些轨道的第二端部上改为限定有用于连接旋转传感器30的焊盘P30'。

[0140] 对于这样的情况,在多种实施例中,浮动主体7设置有在图40和图41中由7b表示的第二通道,该通道位于将要安装连接器CB'的位置,并且其尺寸设计成以便防止浮动主体7和连接器之间的任何机械干涉。同样在这种情况下,类似的通道3e'设置在盖3上,在那里可安装对应的框架9',如先前针对对应于连接器CB的通道3e和框架9已经描述的那样。同样在这种情况下,然后,利用用于将由传感器30供应的信号运送到外部系统的对应的线路5a',可将外部连接器5'连接到连接器CB'。

[0141] 在任何情况下显而易见的是,根据其它实施例(未图示),代替两个连接器CB和CB',传感器单元8可设置有单个连接器,例如单个连接器CB,连接到该单个连接器的是设置在主体8'上的所有导电轨道/焊盘或者对应于应力传感器装置10和/或20的轨道/焊盘以及对应于旋转传感器30的轨道。

[0142] 如所述的,根据所使用的旋转传感器30的类型,可旋转的激励元件31可呈多种类型,该可旋转的激励元件31固定到轴承的旋转环6b或者随旋转环6b转动的元件,该可旋转的激励元件31的位置使得元件31的旋转可被传感器30检测到。在例示的情况下,元件31在对外壳主体的底部或基部4的壁4a的位置安装在旋转环6b上,例如,如在图43中可看到的,使得传感器30的敏感部件经由主体8'的通道8b和基部4的4d继而直接面对激励元件31。

[0143] 同样在这种情况下,在轴承的固定环是内环的情况下(在这种情况下,元件31可固定到外环6a,并且设备1固定到内环6b),相对于所表示的构造颠倒的构造是可能的。

[0144] 图43突出了激励元件31在设置在轴承的环6b的外周向侧处的空腔或座6b'处的可能的组装模式。在图43的示例中,激励元件31基本上在径向方向上延伸;然而,在其它实施例中,该元件也可在轴向方向或基本上平行于或重合于旋转轴线的方向上延伸。

[0145] 如已经解释的,在多种优先实施例中,根据本发明的检测设备的外壳主体机械地固连到轴承的固定部件,特别是借助于卡扣动作联接等,在任何情况下,使得施加到轴承的

任何可能的载荷也传递到外壳主体。这种固定必须必要地牢固且可靠,以便防止设备和轴承之间的意外分离。

[0146] 由于这个原因,在任何情况下都有必要分离所讨论的两个部件的情况下(例如,用于设备1的更换或修理),提供抽出器设备是方便的,该抽出器设备特意构造成用于将检测设备与对应的轴承分离。图44至图46中示意性地图示这样的抽出器设备的可能实施例。

[0147] 整体上由40表示的抽出器设备包括优选地呈圆形形状的支承主体41,该支承主体41具有周边区域,在该周边区域处,多个轴向臂42铰接在特别地基本上沿着圆周分布的轴向臂42的中间点处。由43表示的是用于将相应的臂42铰接到中间主体41的销中的一些。

[0148] 设备40还包括至少一个端部主体。在多种实施例中,支承主体41轴向地设置在第一端部主体44和第二端部主体46之间,为了简单起见,这里也分别限定为“下主体”和“上主体”;由于这个原因,参考图示的示例,为了简单起见,支承主体41也将被限定为“中间主体”。

[0149] 下主体44不是绝对不可缺少的。如果存在的话,下主体44被成形为用于搁置在轴承6的内环上,并且为此目的,可呈现具有大体上张开形状的尖端44a和/或凸缘部分44b,其尺寸使得能够仅搁置在轴承的内环上。在该示例中,相对于下主体44居中地固定的是至少部分地带螺纹的连接杆45,该连接杆45在轴向方向上延伸,并且中间主体41和上主体46两者都接合在该连接杆上。为此目的,主体41和46各自具有设置有母螺纹的相应的中心孔41a和46a。如可认识到的,以该方式,主体41和46可仅仅通过相对于杆45旋转它们而沿着连接杆45移位,即,朝向或远离下主体44(即,杆45的下端部)移动。

[0150] 上主体46优先地具有至少一个主体部分46b,其被成形为用于便于其在杆45上旋转,并且例如具有六边形轮廓。上主体46具有至少一个外表面部分46c,该外表面部分46c为大体上张开或截头圆锥形的,特别是在其面对中间主体41的部分中。

[0151] 臂42在相对于杆45等距的位置铰接到中间主体41,并且各自具有第一端部部分42a,这里也称为“下部部分”,其限定相应的齿,该齿可与设备1的外壳主体的外周向表面接合。相反,由42b表示并且这里也称为“上部部分”的臂42的相反端部部分能够与上主体46的前述截头圆锥形表面46c协作。

[0152] 为了使用的目的,沿着杆45拧开上主体46,直到上主体46释放臂42,或者在任何情况下使臂42在其下部部分中打开到使得设备1可接纳在下端部42a之间的程度(为此目的,可能甚至足以使上端部42b进入对应于顶部主体46的截头圆锥形表面46c的较小直径区域的位置,例如,如在图44至图46中可看到的,并且在该位置,上端部42b将比下端部42a更靠近杆45)。

[0153] 接下来,抽出器设备40在轴承6上居中;为此目的,如果存在下主体44,则利用检测设备1的中心通道的存在,下主体44搁置在轴承6的内环上,如所述的,该中心通道所具有的直径优选地大于轴承的内环的中心通道的直径。这种定位由于臂42的下端部42a展开或张开的事实而成为可能,从而不会与设备1机械地干涉。图44中示意性地表示该步骤。

[0154] 然后,中间主体41可沿着杆45拧紧或拧开,以便调节中间主体41的位置,即,使由臂的下部部分42a限定的齿进入基本上对应于轴承的外环的前部的位置(即,对应于设备1的外壳主体的外周向壁的对应的暴露区域),如图45中所例示的。

[0155] 在抽出器设备40处于上述位置的情况下,上主体46然后可拧紧在杆45上,即沿着

杆45移位,以便接近中间主体41(或者更一般地,朝向杆45的底端部)。如可认识到的,以该方式,上主体46基本上像楔子一样操作;即,其截头圆锥形表面抵靠臂41的上端部42b的滑动引起前述上端部进一步远离杆45移动,并且同时,在相反侧上,引起臂42的下端部42a更靠近杆45移动,其中对应的齿可与设备1的外壳主体的外周向表面接合,从而引起其朝向轴承6的轴线轻微弯曲,并且因此将外壳主体的联接边缘从轴承的外环上的对应座释放(为了参考参见图6和图7,其中外壳主体2的联接边缘由3d表示,并且轴承的外环6a上的对应座由6d表示),然后设备1可能被人工地从轴承6分离。在备选型式中,具有倾斜平面或楔形的臂42的下端部42a可逐渐地穿透到轴承和检测设备之间,同时上主体46被转动,从而导致相互分离。

[0156] 将清楚地显现的是,在不影响所描述的功能的情况下,通过示例的方式呈现的用于抽出器设备40的实施例可经历多种修改,这些修改对于本领域技术人员来说将看起来是显而易见的。例如,螺纹杆45可相对于上主体46固定,并且下主体44可具有设置有母螺纹的中心孔,或者可省略,并且中间主体41也可在固定或不可调节的位置与杆45相关联。设备40也可被修改,使得如果设备1的外壳主体的内周向壁限定用于将外壳主体锚定到轴承的联接边缘,则臂42的下端部与该内周向壁接合(因此,在这种情况下,抽出器设备将被设计成用于使臂的下端部彼此移动远离,以便引起前述周向壁的向外弯曲,并因此从轴承释放)。

[0157] 在多种实施例中,根据本发明的检测设备的外壳主体限定一个或多个表面元件,这些表面元件旨在便于主体本身的夹持,例如为了使主体从轴承分离的目的,其中一个或多个表面元件优选地限定在外壳主体的至少一个周向壁处。图47至图50中示出这种类型的示例。

[0158] 例如,图47至图48突出了在可能的实施例中外壳主体2如何可被成形为在其周向壁处限定环形浮凸或台阶3n和/或环形凹部3m,该周向壁这里是外壁,并且更特别地是盖3的外壁3b(这样的实施例在图43中也可见)。在该示例中,台阶3n和凹部3m两者都通过在以所示出的方式生产盖3期间使壁3b变形而获得。如可认识到的,台阶3n和/或凹部3m的存在便于设备1的夹持和随后与轴承6的分离,特别是当有必要例如使用如图49中的抽出器设备40相对于轴承6在设备1上施加牵引力(拉动动作)时,诸如在轴向方向上的牵引力或力(其中臂42的齿形端部42a可接合在台阶3n下方的凹部3m中)。

[0159] 图50改为例示提供径向面向外的表面压纹3o的情况,该压纹3o沿着外壳主体2的周向壁的圆周分布,该周向壁这里是外壁,并且更特别地是盖3的外壁3b。如可认识到的,同样在这种情况下,压纹3o便于设备1的夹持和随后与轴承6的分离,特别是当有必要相对于轴承6在设备1上施加牵引力时。

[0160] 根据已经描述的内容,可认识到根据本发明的检测设备的实施和操作是如何简单和可靠的。

[0161] 如已经看到的,优先地在传感器单元上提供多个压电换能器,这使得有可能获得相对高的电势差或电压的信号,尽管存在最小的变形。换能器可根据检测要求适当地分布,并且可包括例如两个换能器,这两个换能器被设计成检测相互正交的剪切应力,特别是在平行于检测表面的两个方向上的应力,并且可能地包括压电压力换能器,特别是用于检测在正交于检测表面的方向上的力。原则上,利用由20表示的类型的法向应力换能器和由10

表示的类型的至少两个剪切应力换能器(例如,两个换能器10彼此相同,但是相对于彼此以 $90^\circ$ 取向),有可能重建轴承经受的应力的三维标测图。由于浮动主体的存在,所提出的压电换能器实现检测极其有限的应力,即,纳米量级的浮动主体的位移。

[0162] 事实上,优选解决方案的显著优点由如下的事实表示:所提出的检测系统实现检测轴承(特别是滚动轴承)中的应力,还区分应力的方向性。在这点上,应当注意的是,滚动轴承的传统诊断也可通过检测轴承的外壳的一般振动来进行,然而,不能够精确地标识其空间方向性:即使振动的总体水平可用于评估轴承的劣化,特别是用于检测非循环故障,它也可能不足以在初始阶段标识故障或不当使用。可能出现在轴承的内环中、外环中、滚动主体中或保持架中的循环故障产生特定频率下的振动分量。这些频率是轴承的几何形状和旋转的速度的函数,并且可经由频域中的振动分析来标识。根据本发明提出的优先解决方案使得有可能为这种类型的分析增加空间方向性,例如标识以不当的方式施加的载荷。

[0163] 利用根据本发明的被感测轴承支承设备实时进行的多个维度的光谱分析可能被证明是特别有用的,以便获得关于例如在机动车辆(稳定性控制系统、制动系统等)中或在其它环境(电动马达驱动器、工业设备、家用电器等)中的与轴承相关联的机械系统的动力学特性的可用信息。

[0164] 根据优先实施例,所描述的检测设备的另一个优点由如下的事实表示:至少一个剪切应力换能器可从一开始就预布置有给定的电极结构,该电极结构在生产期间为了材料的极化目的而在电连接的第一构造中利用,并且随后在最终使用期间为了检测的目的而在电连接的第二构造中利用。以该方式,不再存在必须在第一制造步骤中提供极化电极以及在后续制造步骤中提供检测电极的问题;即,不必要求助于复杂的组装操作和电极的更换,这是现有技术中典型的(例如,参见Marcelo Areias Trindade等人的“Evaluation of effective material properties of thickness-shear piezoelectric macro-fibre composites”,COBEM 2011会议论文集,第21届国际机械工程大会,2011年10月24-28日,巴西北里奥格兰德州纳塔尔市)。因此,本发明还提供了装备和/或生产过程的简化。

[0165] 基于材料层的连续沉积,优选地利用丝网印刷技术,至少一个剪切应力换能器的优选生产过程使得有可能以简单的方式和低成本获得非常紧凑的传感器单元,并且对应的传感器装置小型化。传感器装置可形成在特意提供的衬底上或者在任何情况下与该衬底相关联的事实便于传感器装置的生产,并且当外壳主体在其安装在轴承上期间有必要必须经历显著的机械应力时,降低了与其损坏相关的风险,该衬底构造为与设备的外壳主体不同的部分。

[0166] 清楚的是,本领域技术人员可对通过示例方式描述的设备作出多种变型,而不由此脱离本发明的范围。同样清楚的是,参考先前描述的实施例公开的单独特征可在其它实施例中彼此组合。

[0167] 如已经提到的,指状物F的基本上直线的形状虽然是优选的,但是并不构成基本特征。事实上,指状物可具有以相对于纵向方向L弯曲和/或成角度的段为特征的改进,诸如S形或锯齿形电极。

[0168] 在先前提提供的示例中提到的距离,诸如距离 $D_1$ 和/或 $D_2$ 和/或 $D_3$ ,将理解为优先但非限制性的;即,电极的指状物之间的距离和/或上述元件的对应对齐或交错可不同于通过示例的方式示出的那些。在所提供的非限制性示例中,已经参考在同一个方向(这里是纵向方

向L)上延伸的指状物F描述了极化和剪切应力检测。然而,电极E的其它部分也可有助于检测,诸如连结指状物F的电极的部分D,特别是在剪切应力在指状物的延伸方向上具有至少一个分量的情况下(如在图23的情况下那样)。更一般地,在多种实施例中,电极E可设想在第一方向(这里是长度方向L)上延伸的第一部分F和在横向于前述第一部分F的方向(这里是宽度方向W)上延伸的第二部分D两者,其中电极E的前面提到的部分D和F可参与极化和/或测量。

[0169] 电极可成形为以便在相对于压电材料层11的纵向方向(L)和宽度方向(W)成角度或对角的方向上延伸,而不是在压电材料层11的纵向方向(L)和宽度方向(W)中的至少一个上延伸。

[0170] 在根据本发明的检测设备的多种优选实施例中,由所提供的至少一个压电传感器产生的信号被直接供应给对应的电连接器,以便被外部系统(例如,控制单元)检测到,因此避免了对设备供电的需要。然而,在另外可能的实施例(例如,其中另外提供角向位置换能器的实施例)中,传感器单元8可包括电路布置(例如,在主体8'本身上),例如以用于信号的放大和/或处理和/或传输;在这种情况下,前述电路布置将优先地包括用于放大和/或处理和/或传输构件的对应的电源级,在任何情况下都保持理解,设置在被感测基部上的至少一个压电传感器在任何情况下都不需要电源。

[0171] 下面列出的特征关于包括至少四个先前描述的电极的压电换能器的优选实施例。

[0172] 1.一种压电换能器,其中,第一电极(E1)和第三电极(E3)的部分或指状物(F1,F3)基本上以距彼此的第一距离( $D_1$ )至少在纵向方向(L)上延伸,并且第一电极(E1)的部分或指状物(F1)、第三电极(E3)的部分或指状物(F3)分别以距离( $D_2$ )相隔,所述距离( $D_2$ )基本上不小于第一距离( $D_1$ )的两倍,优选地为第一距离( $D_1$ )的基本上两倍,

[0173] 第二电极(E2)和第四电极(E4)的部分或指状物(F2,F4)基本上以距彼此的第一距离( $D_1$ )至少在纵向方向(L)上延伸,并且第二电极(E2)的部分或指状物(F2)、第四电极(E4)的部分或指状物(F4)分别以距离( $D_2$ )相隔,所述距离( $D_2$ )基本上不小于第一距离( $D_1$ )的两倍,优选地为第一距离( $D_1$ )的基本上两倍;并且优选地

[0174] 第一电极(E1)的每个部分或指状物(F1)处于与第三电极(E2)的相应的所述部分或指状物(F2)基本上重叠或对齐的位置,并且第三电极(E3)的每个部分或指状物(F3)处于与第四电极(E4)的相应的所述部分或指状物(F4)基本上重叠或对齐的位置。

[0175] 2.根据要点1的压电换能器,其中,第一电极(E1)和第三电极(E3)或相应的部分或指状物(F1,F3)电连接在一起(+),并且第二电极(E2)和第四电极(E4)或相应的部分或指状物(F2,F4)电连接在一起(-)并且与第一电极(E1)和第三电极(E3)电绝缘,使得在压电材料层(11)中引起的至少在纵向方向(L)上的剪切应力(SS)将在一侧上的第一电极(E1)和第三电极(E3)与在另一侧上的第二电极(E2)和第四电极(E4)之间产生电势差,该电势差所具有的值与所述剪切应力(SS)成比例。

[0176] 3.一种压电换能器,其中:

[0177] 第一电极(E1)和第三电极(E3)的部分或指状物(F1,F3)基本上以距彼此的第一距离( $D_1, D_3$ )在纵向方向(L)上延伸,第一电极(E1)的部分或指状物(F1)以第二距离( $D_2$ )相隔,第二距离( $D_2$ )大于第一距离( $D_1, D_3$ )的两倍,并且第三电极(E3)的部分或指状物(F3)基本上以第二距离( $D_2$ )相隔,

[0178] 第二电极(F2)和第四电极(F4)的部分或指状物(F2,F4)基本上以距彼此的第一距离( $D_1, D_3$ )在纵向方向(L)上延伸,第二电极(E2)的部分或指状物(F2)、第四电极(E4)的部分或指状物(F4)分别基本上以第二距离( $D_2$ )相隔。

[0179] 4. 根据要点3的压电换能器,其中:

[0180] -第一电极(E1)的每个所述部分或指状物(F1)处于与第二电极(E2)的相应的所述部分或指状物(F2)基本上重叠或对齐的位置,并且第三电极(E3)的每个所述部分或指状物(F3)处于与第四电极(E4)的相应的所述部分或指状物(F4)基本上重叠或对齐的位置;或者-第一电极(E1)和第三电极(E3)中的一个的每个所述部分或指状物(F1)处于与第二电极(E2)和第四电极(E4)中的一个的相应的所述部分或指状物(F2)基本上重叠或对齐的位置,并且第一电极(E1)和第三电极(E3)中的另一个的每个所述部分或指状物(F3)处于相对于第二电极(E2)和第四电极(E4)中的另一个的相应的所述部分或指状物(F4)基本上交错的位置。

[0181] 5. 根据要点4的压电换能器,其中:

[0182] -第一电极(E1)的每个所述部分或指状物(F1)处于与第二电极(E2)的相应的所述部分或指状物(F2)基本上重叠或对齐的位置,并且第三电极(E3)的每个所述部分或指状物(F3)处于与第四电极(E4)的相应的所述部分或指状物(F4)基本上重叠或对齐的位置,并且第一电极(E1)和第三电极(E3)或相应的所述部分或指状物(F1,F3)电连接在一起(+),并且第二电极(E2)和第四电极(E4)或相应的所述部分或指状物(F2,F4)电连接在一起(-)并且与第一电极(E1)和第三电极(E3)电绝缘,使得在压电材料层(11)中引起的在横向于纵向方向(L)的方向(W)上的剪切应力(SS)将在一侧上的第一电极(E1)和第三电极(E3)与在另一侧上的第二电极(E2)和第四电极(E4)之间产生电势差,该电势差所具有的值与所述剪切应力(SS)成比例;或者-第一电极(E1)和第三电极(E3)中的一个的每个所述部分或指状物(F1)处于与第二电极(E2)和第四电极(E4)中的一个的相应的所述部分或指状物(F2)基本上重叠或对齐的位置,并且第一电极(E1)和第三电极(E3)中的另一个的每个所述部分或指状物(F3)处于相对于第二电极(E2)和第四电极(E4)中的另一个的相应的所述部分或指状物(F4)基本上交错的位置,并且第一电极(E1)和第三电极(E3)或相应的所述部分或指状物(F1,F3)彼此电绝缘,并且第三电极(E3)和第四电极(E4)或相应的所述部分或指状物(F3,F4)彼此并且相对于第一电极(E1)和第三电极(E3)电绝缘,使得在横向于纵向方向(L)的方向(W)上在压电材料层(11)中引起的剪切应力(SS)将在一侧上的第一电极(E1)和第三电极(E3)中的一个与在另一侧上的第二电极(E2)和第四电极(E4)中的一个之间产生电势差,该电势差所具有的值与所述剪切应力(SS)成比例,第一电极(E1)和第三电极(E3)中的所述一个与第二电极(E2)和第四电极(E4)中的所述一个优选地是如下的电极:该电极的所述部分或指状物处于基本上设置在彼此的顶部上或彼此对齐的位置。

[0183] 6. 一种用于制造压电换能器的方法,包括以下步骤:

[0184] i) 形成压电换能器(10),其中第一电极(E1)和至少一个第三电极(E3,E5)或相应的所述部分或指状物至少部分地在压电材料层(11)的第一主面(11a)上,并且其中第二电极(E2)和至少一个第四电极(E4,E6)或相应的所述部分或指状物至少部分地在第一压电材料层(11)的第二主面(11b)上;

[0185] ii) 通过在下者之间施加电势差来获得压电材料层(11)的极化:

[0186] 在一侧上的第一电极(E1)和至少一个第三电极(E3,E5)中的至少一个或相应的所述部分或指状物,和在另一侧上的第二电极(E2)和至少一个第四电极(E4,E6)中的至少一个或相应的所述部分或指状物,

[0187] 其中,步骤ii)利用电极或相应的所述部分或指状物的电连接的第一构造执行,该第一构造不同于电极或相应的所述部分或指状物的电连接的第二构造,当压电换能器(10)随后用于检测剪切应力时使用该第二构造。

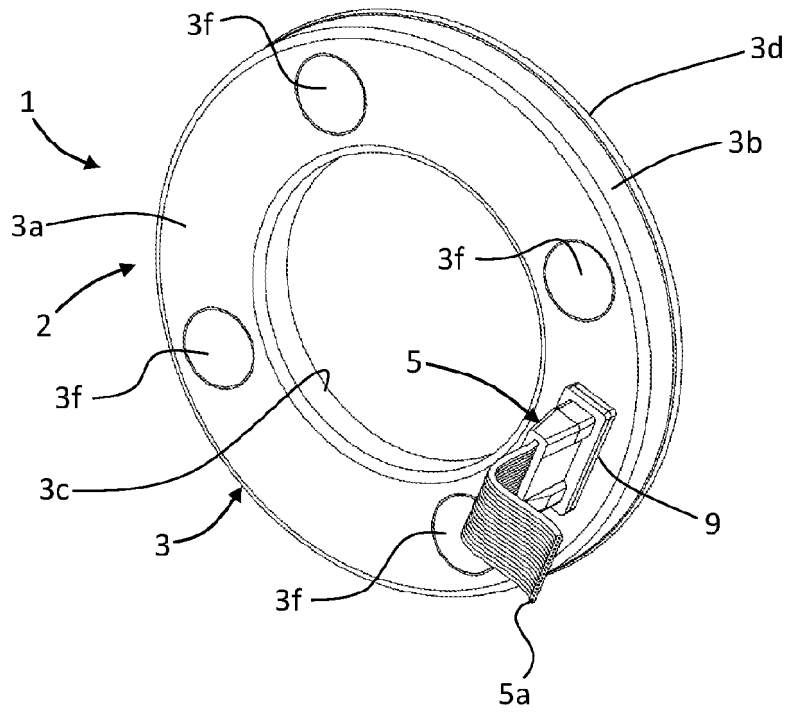


图 1

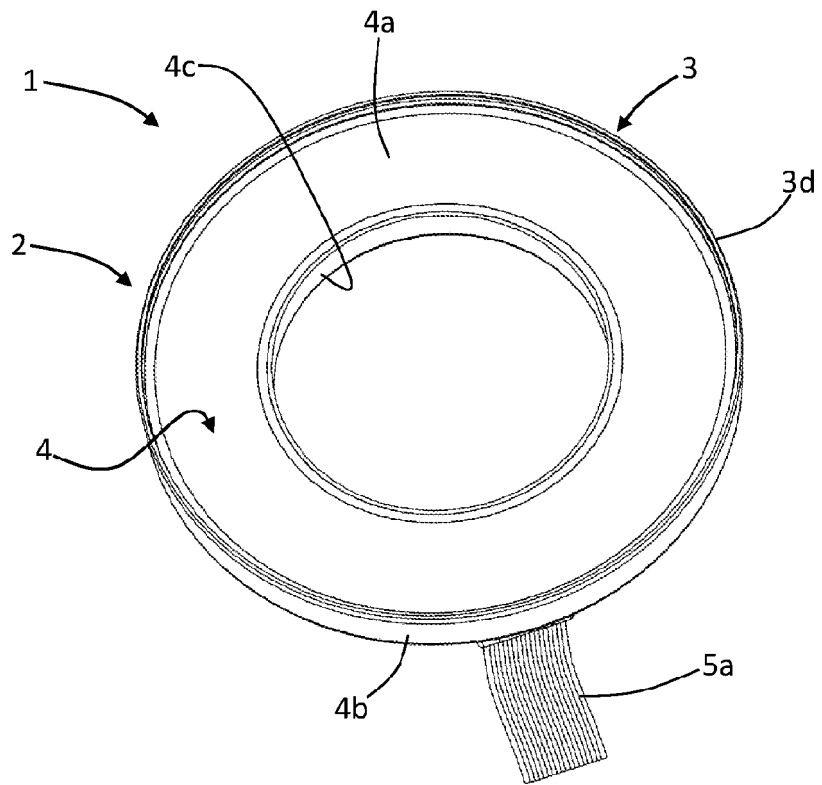


图 2

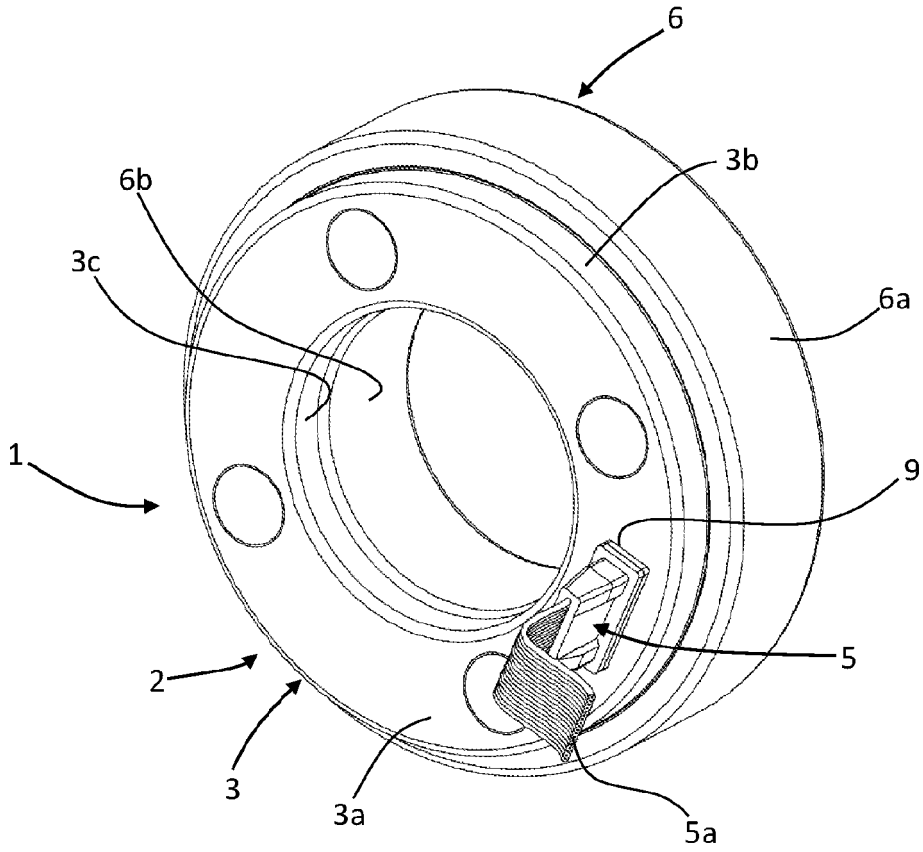


图 3

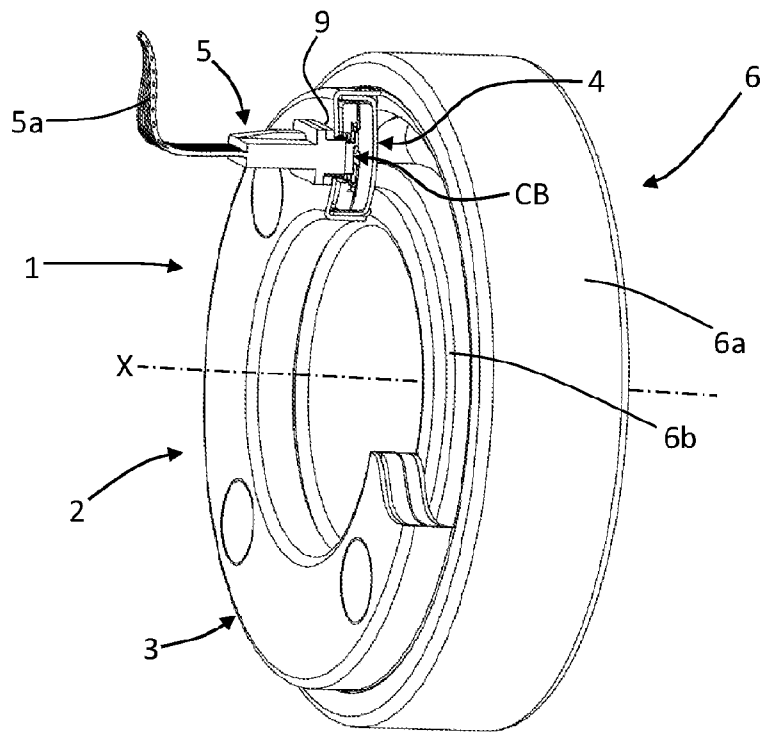


图 4

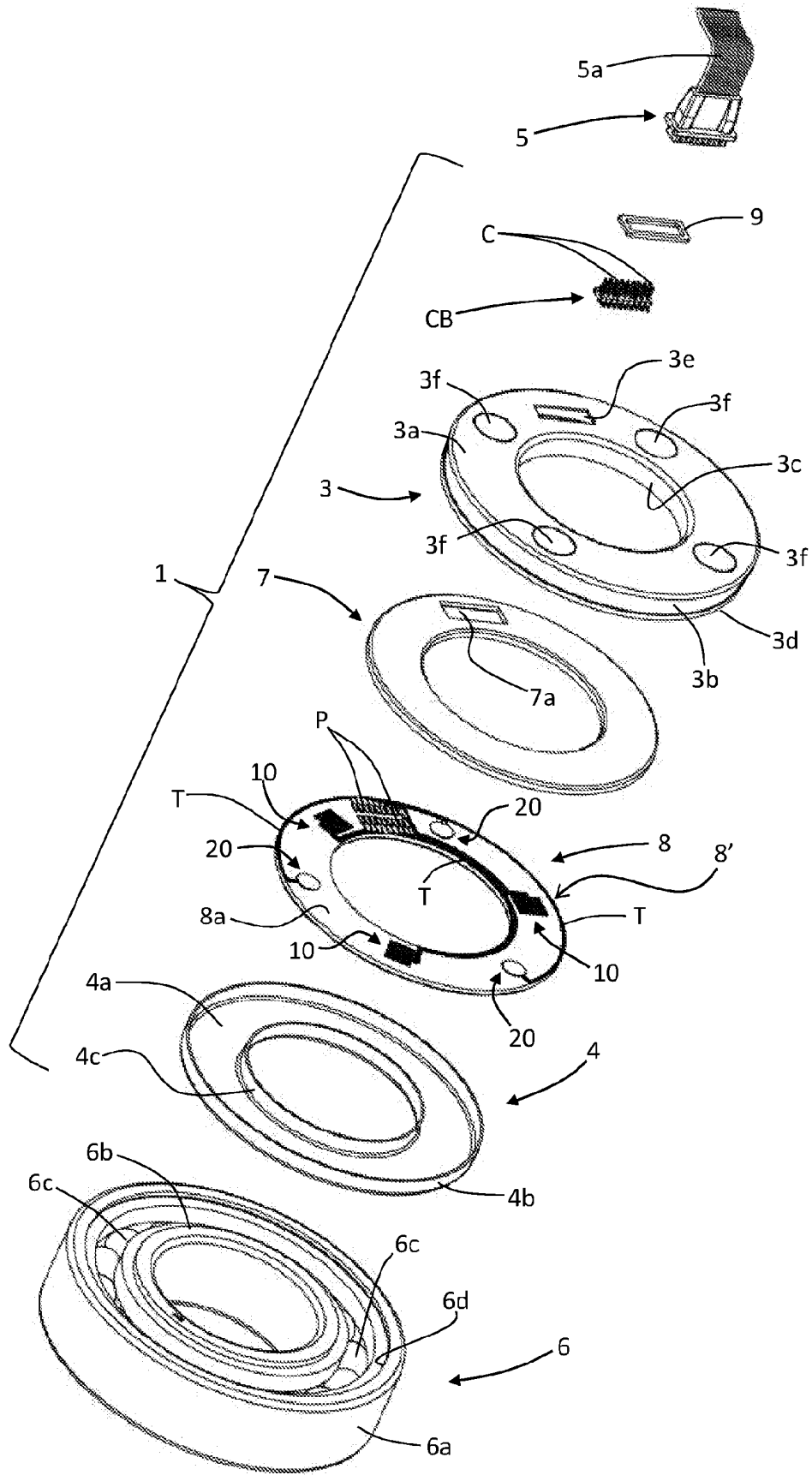


图 5

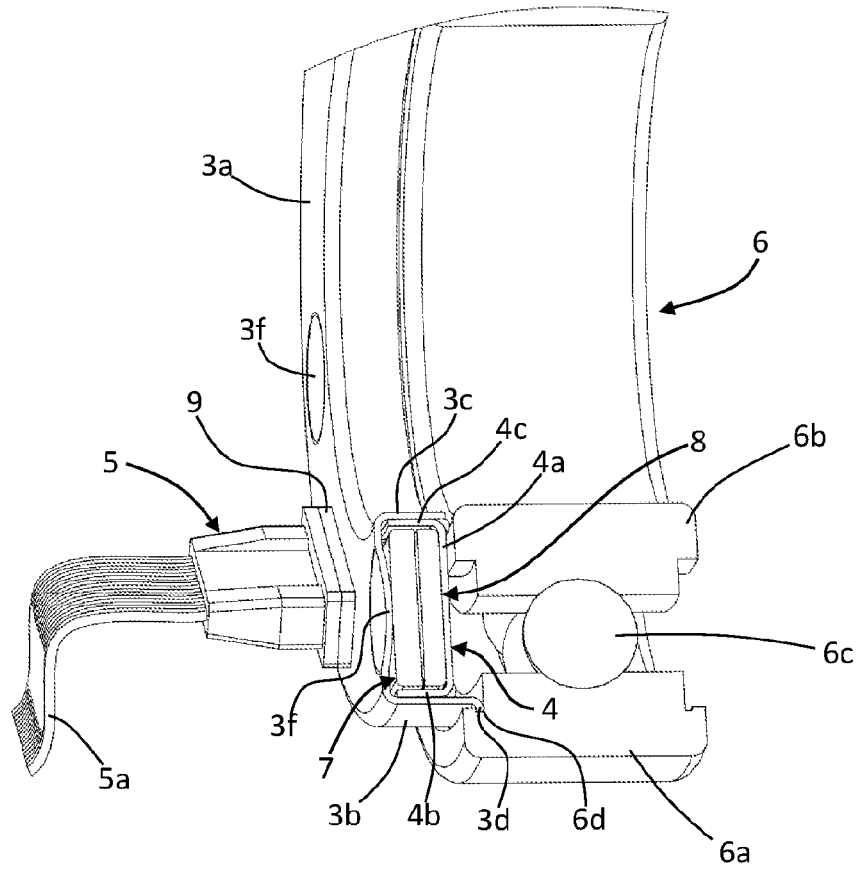


图 6

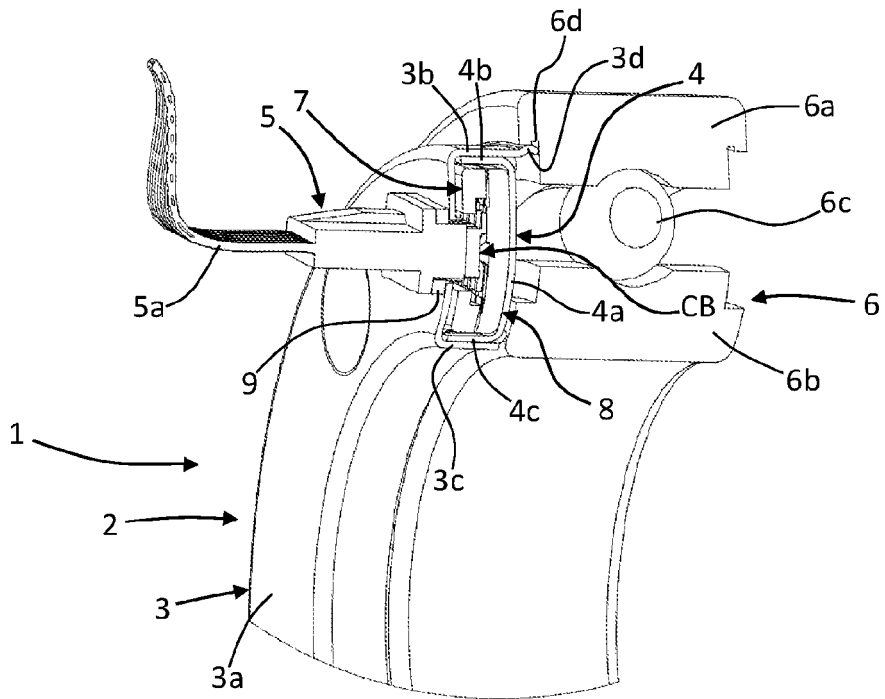


图 7

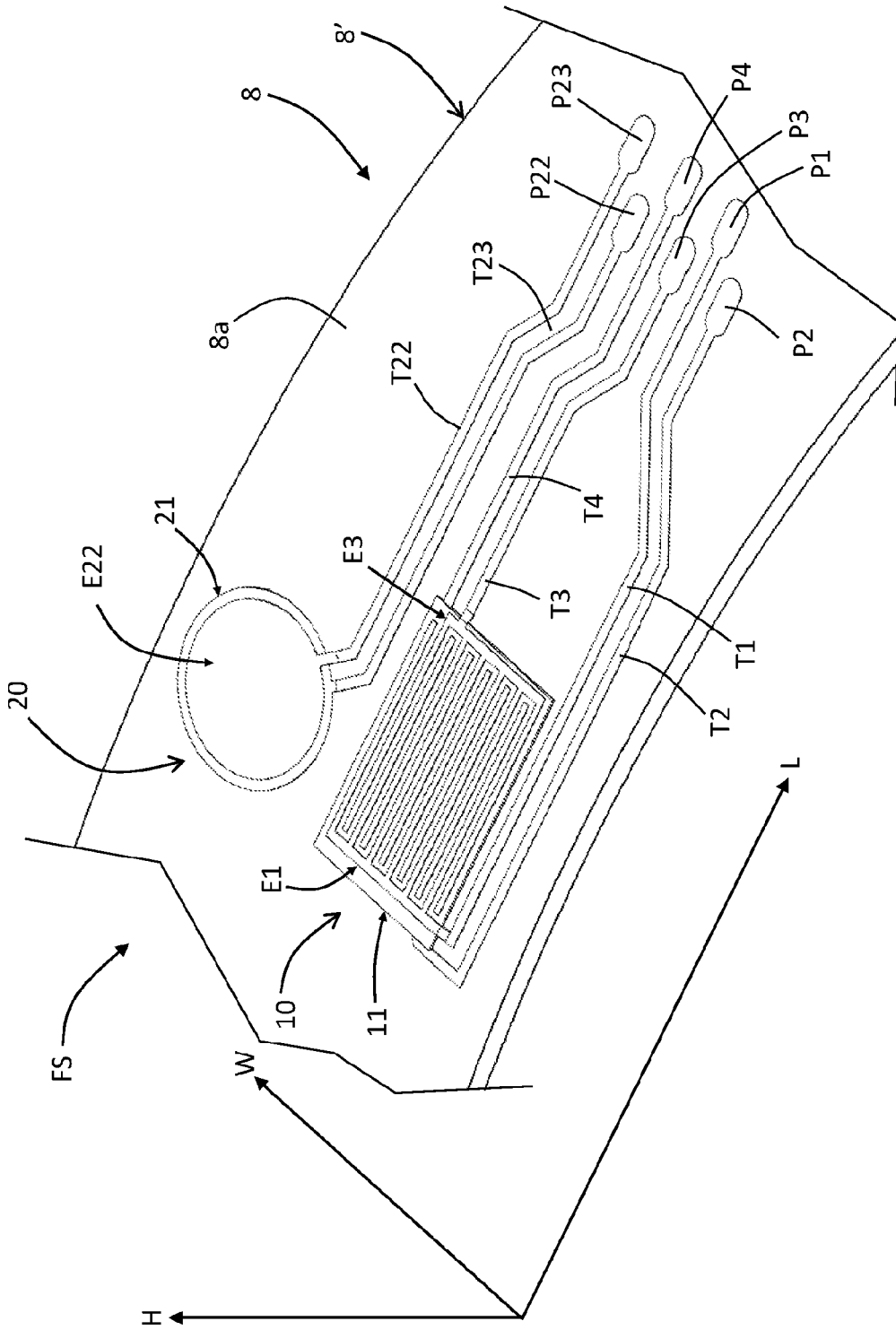


图 8

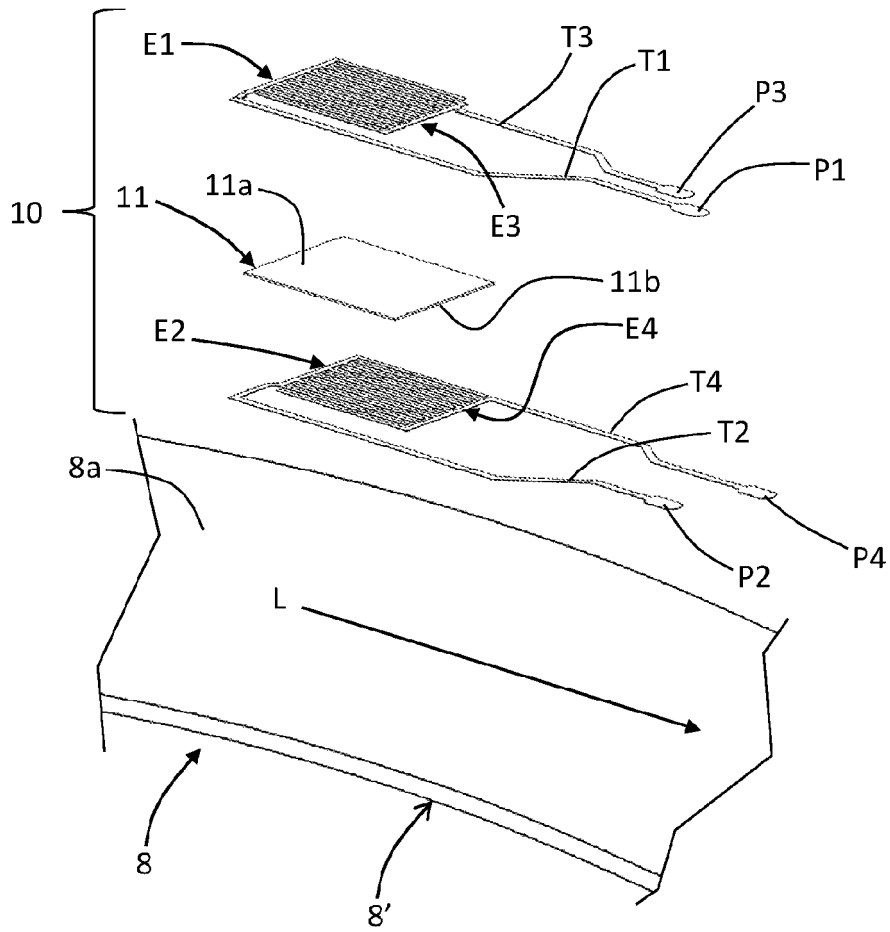


图 9

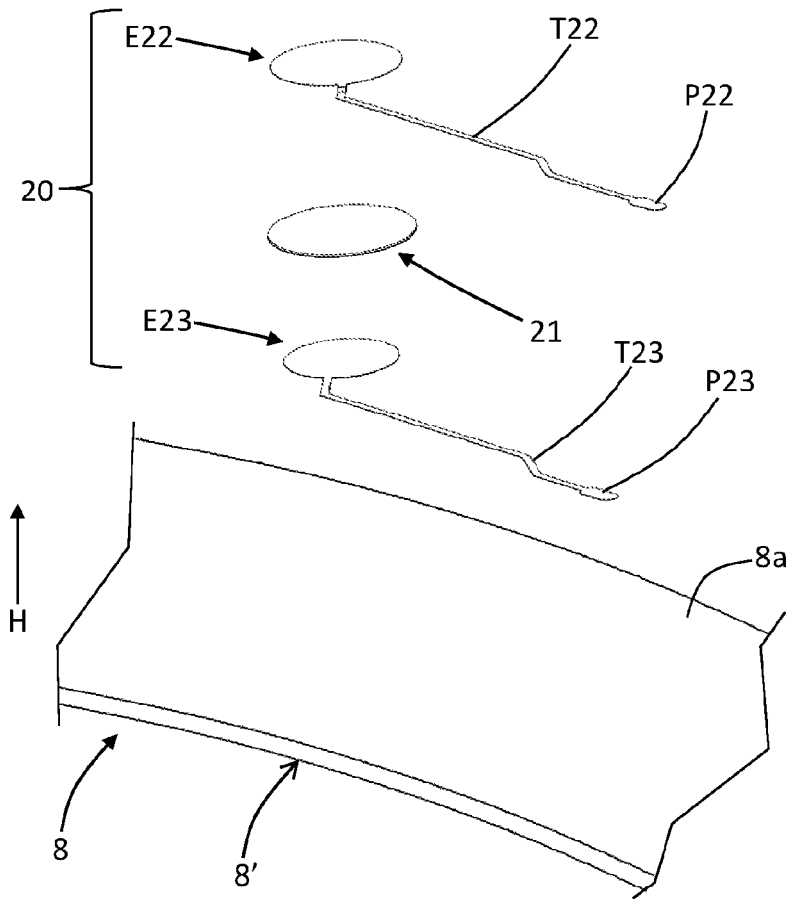


图 10

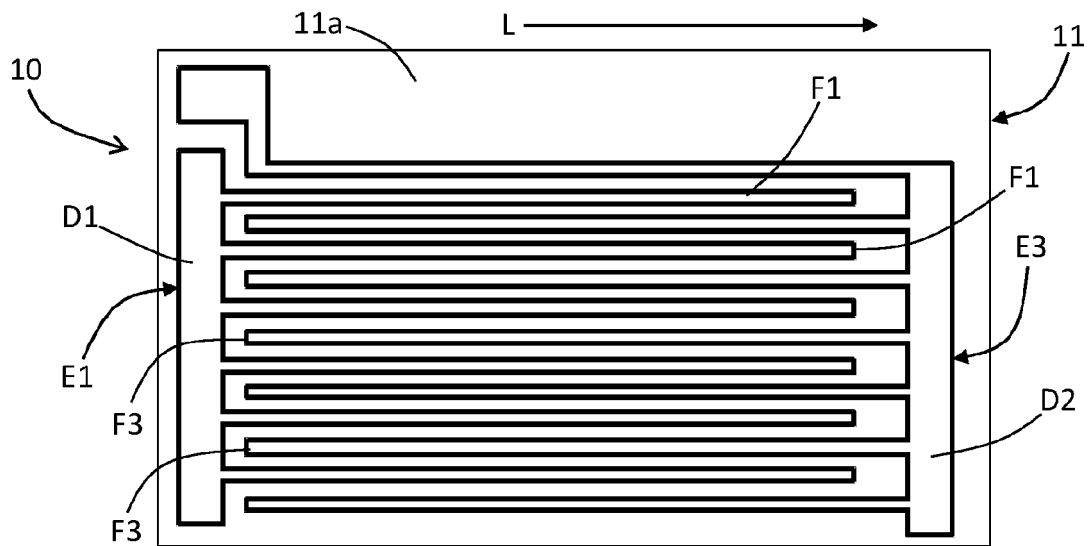


图 11

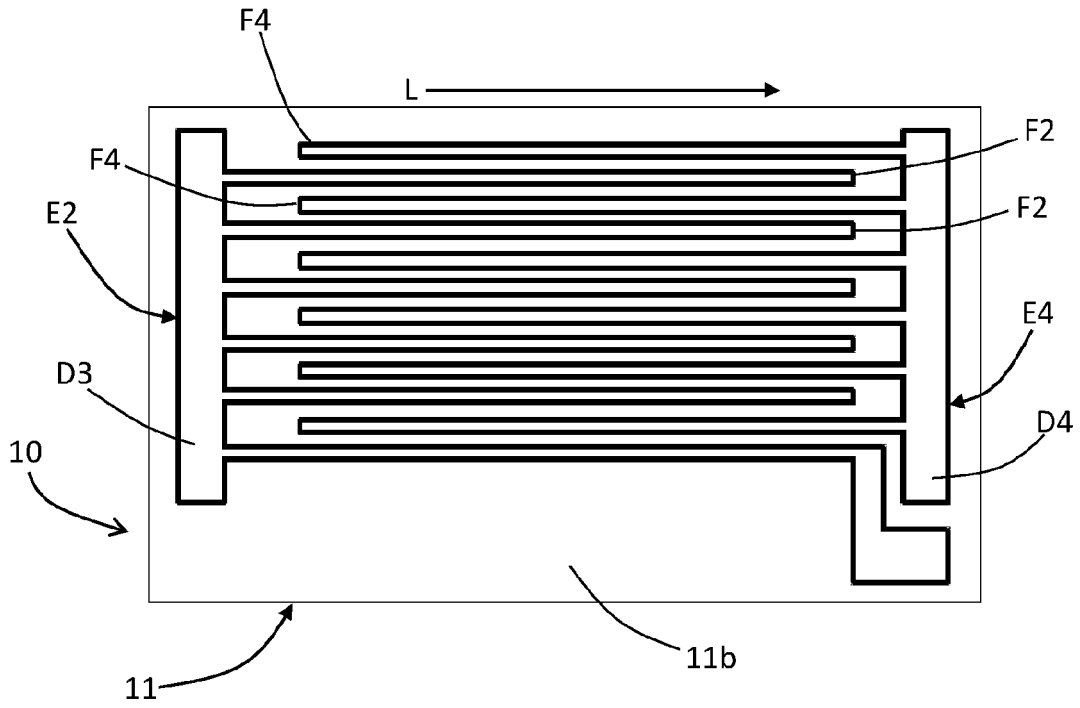


图 12

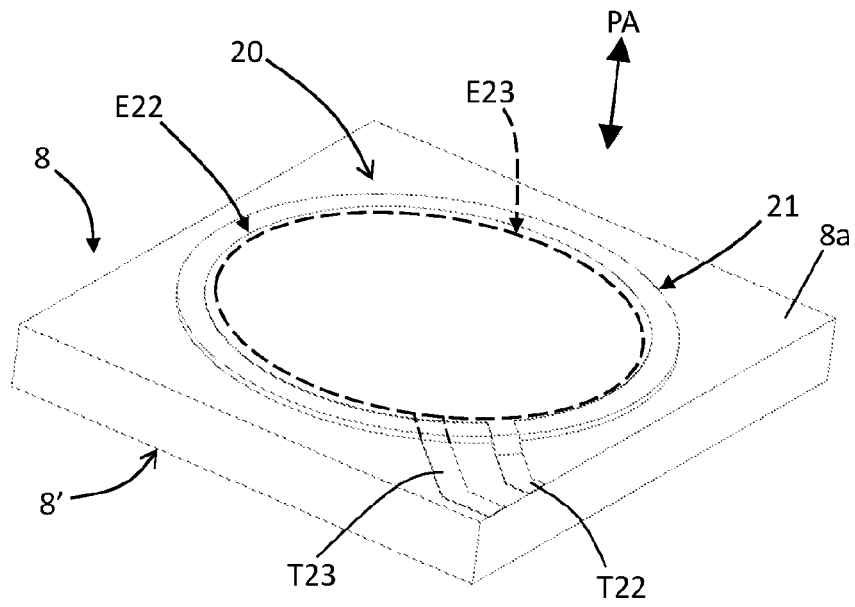


图 13

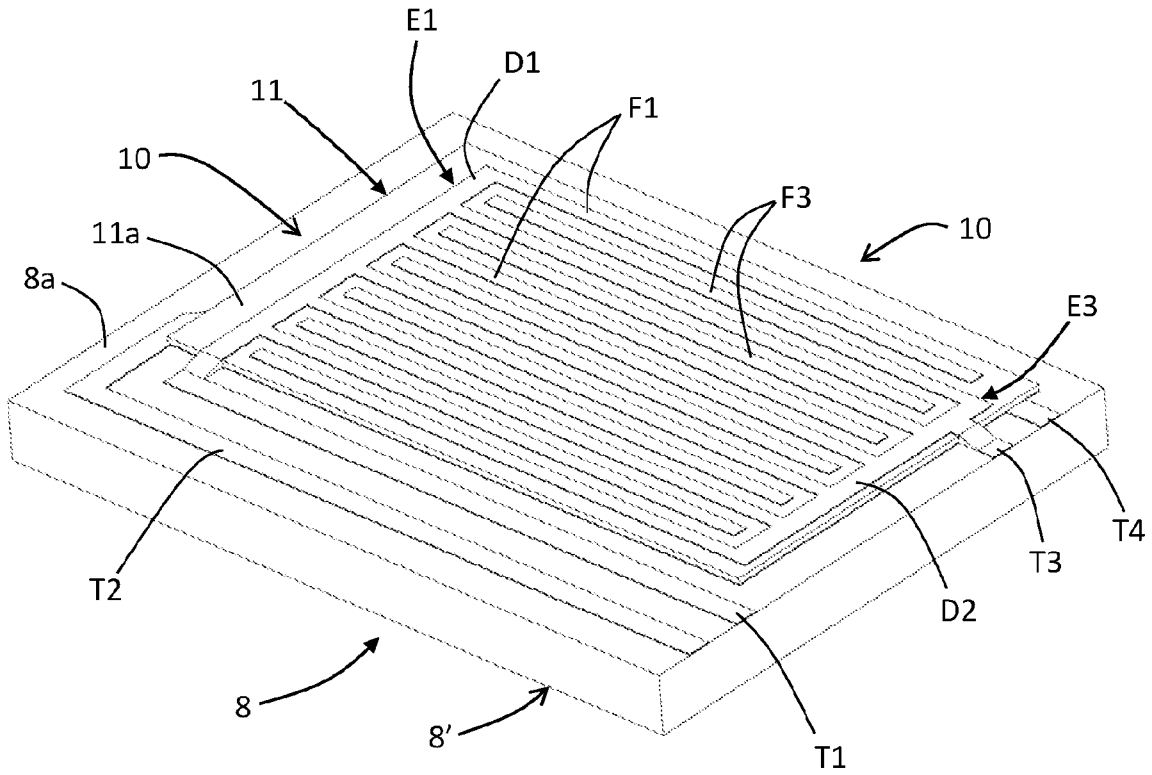


图 14

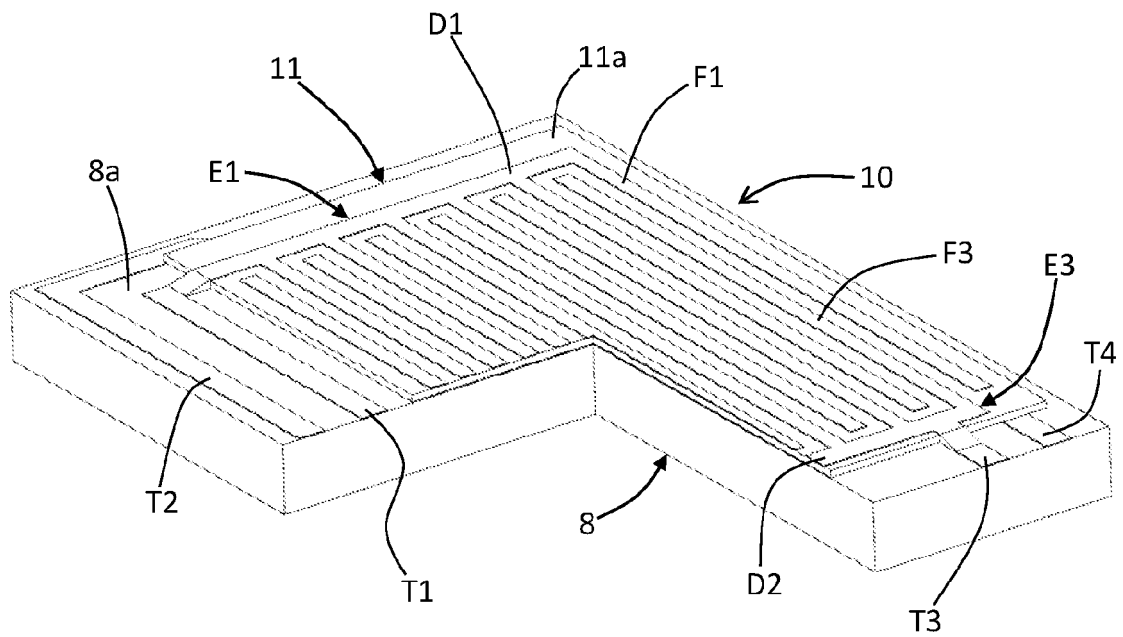


图 15

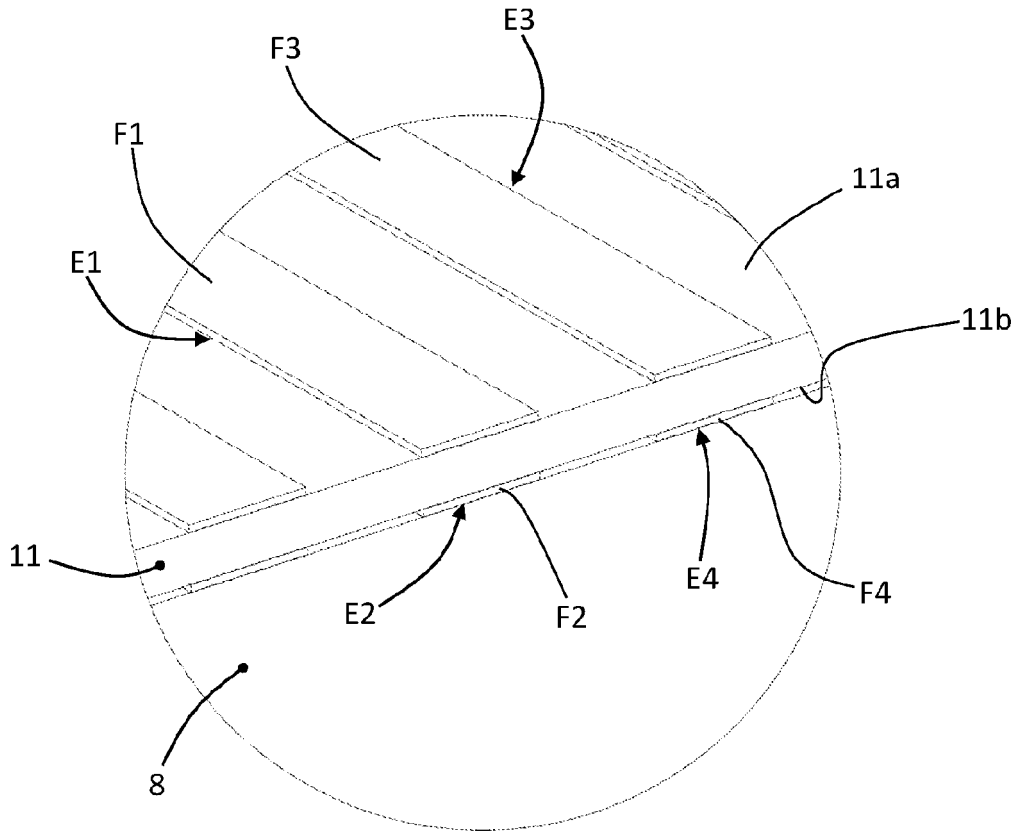


图 16

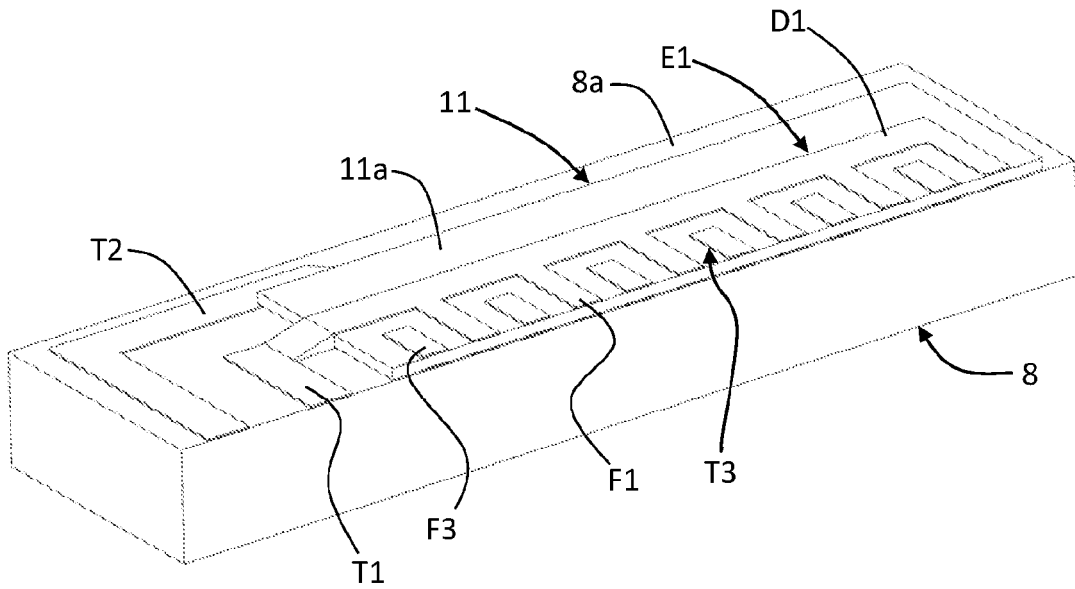


图 17

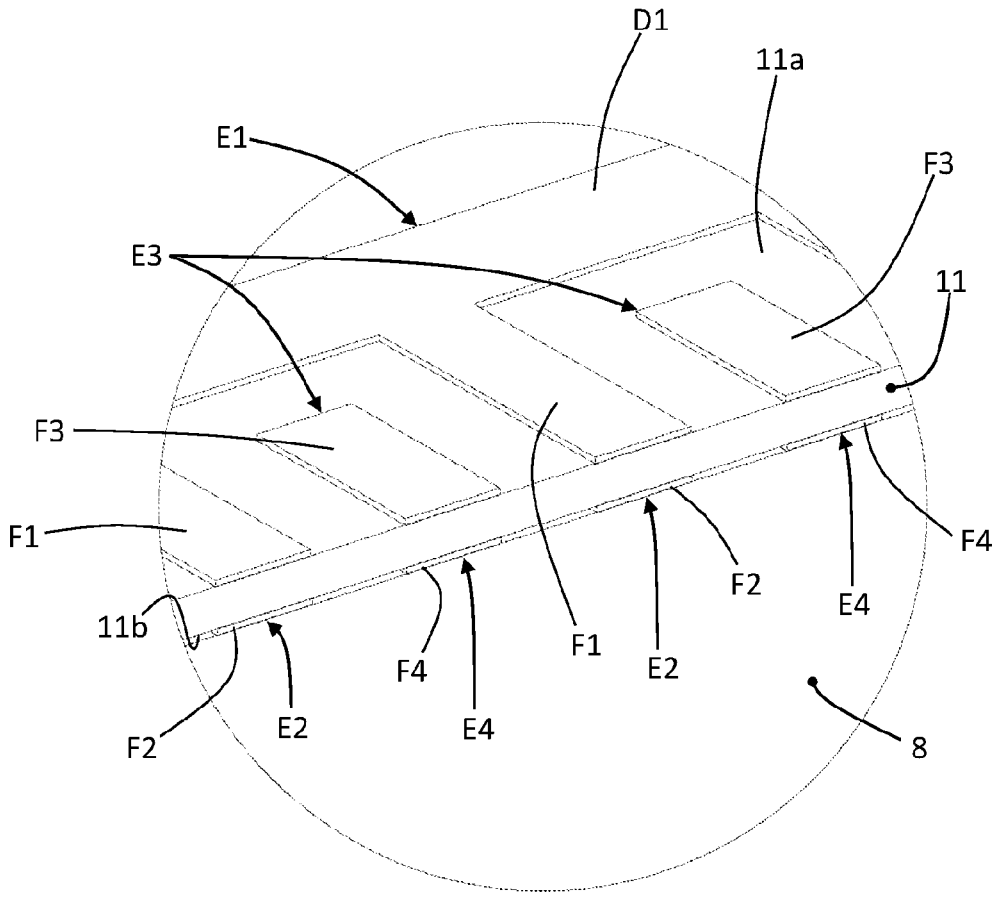


图 18





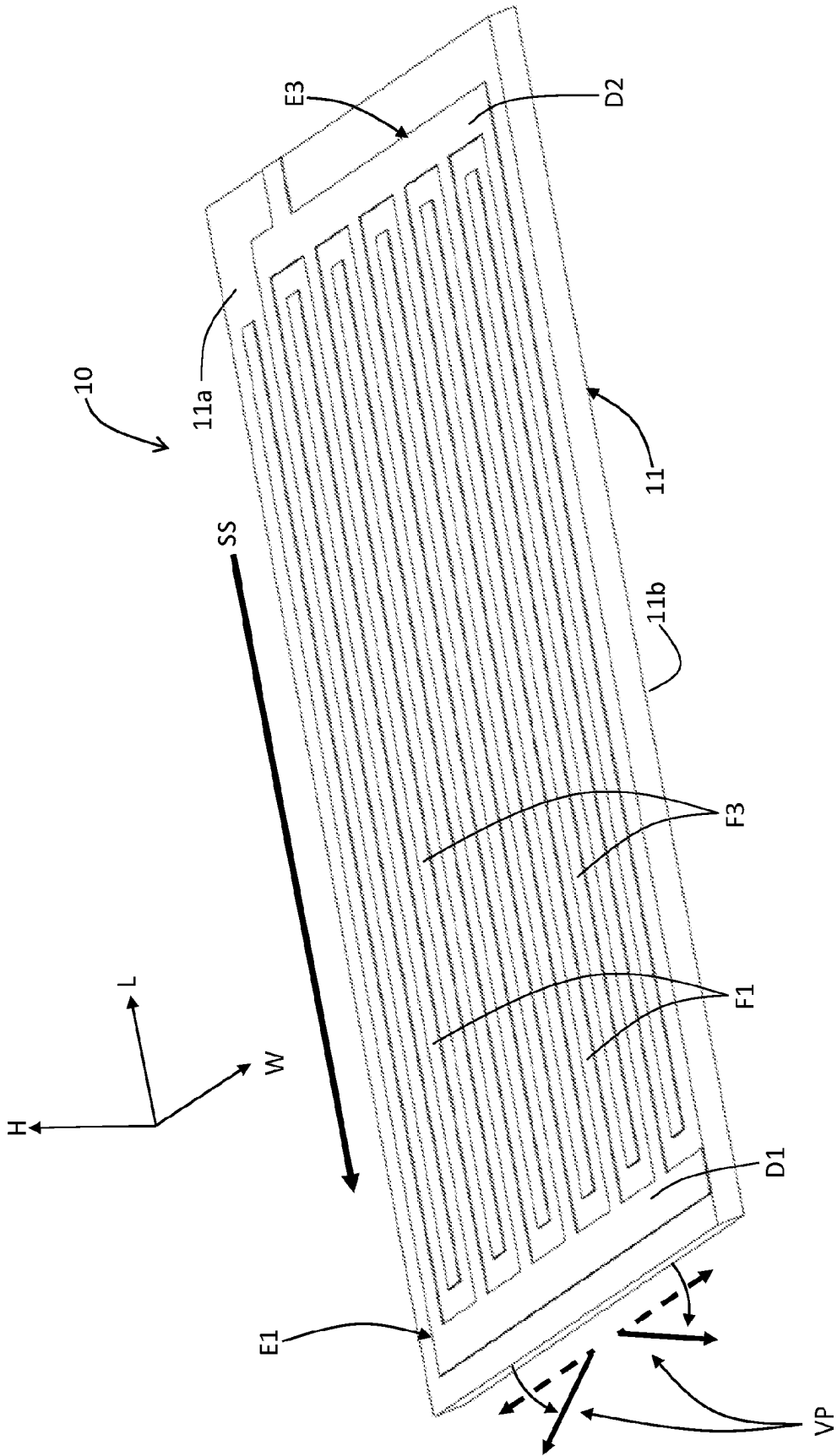


图 21

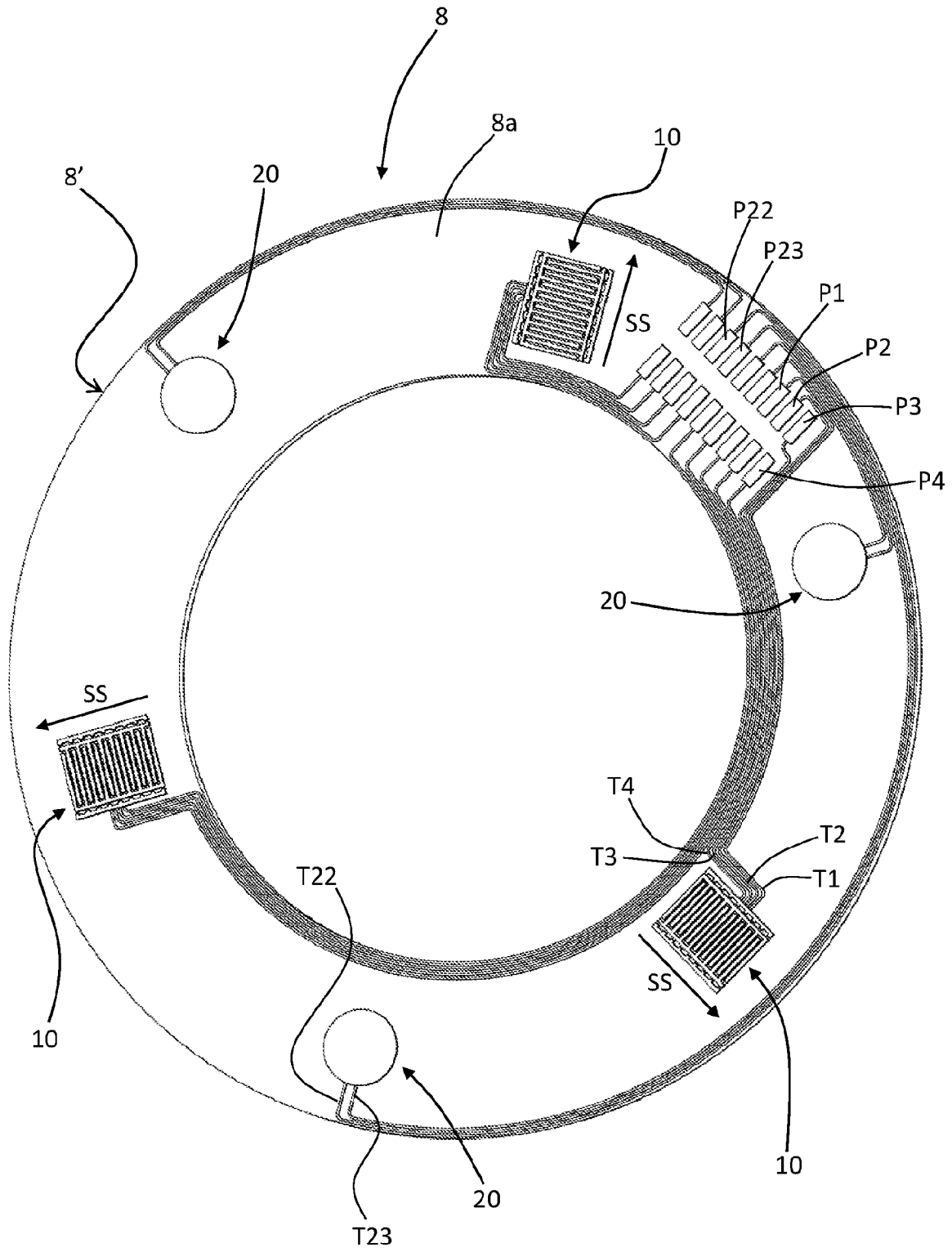


图 22

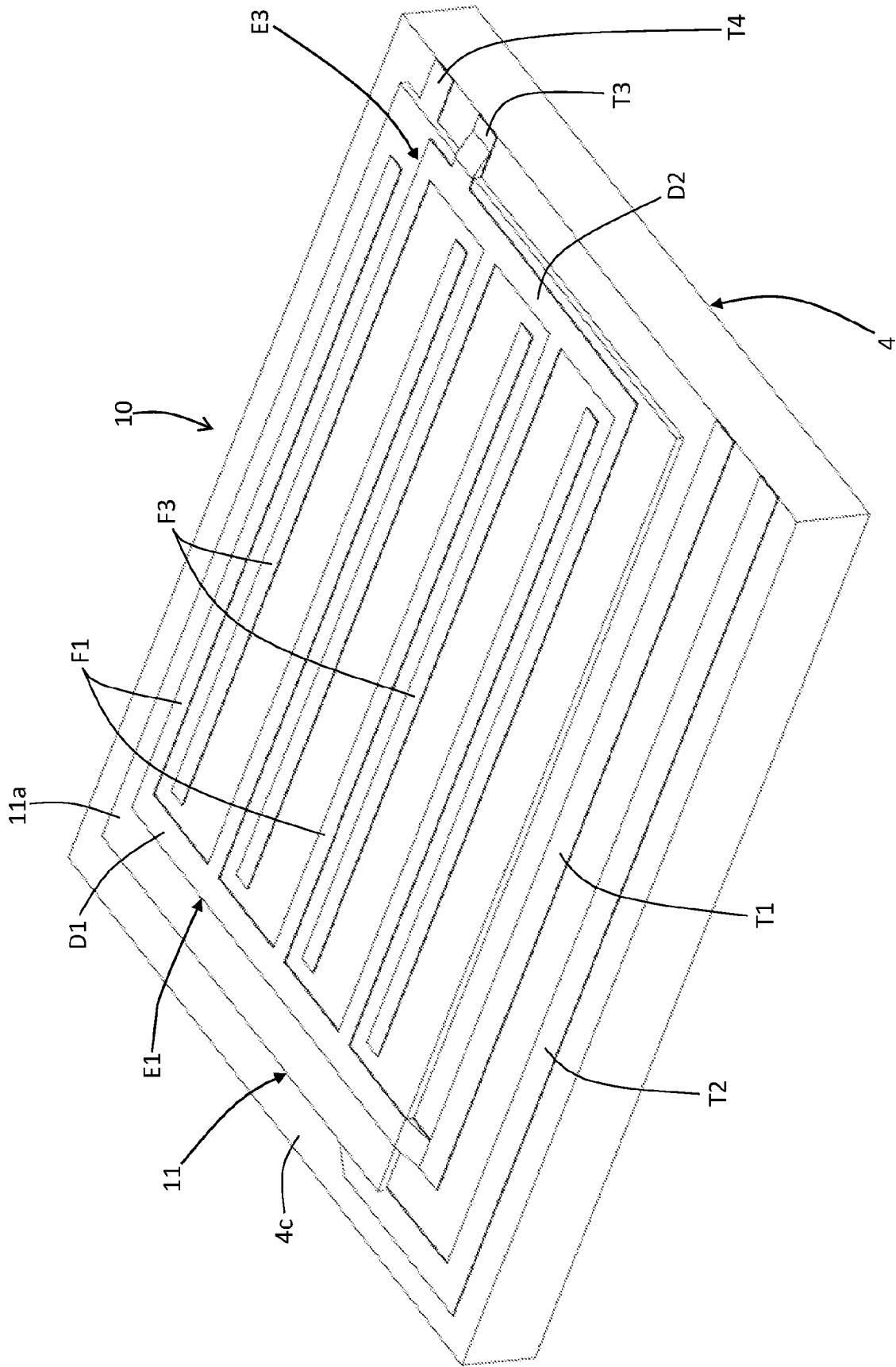


图 23

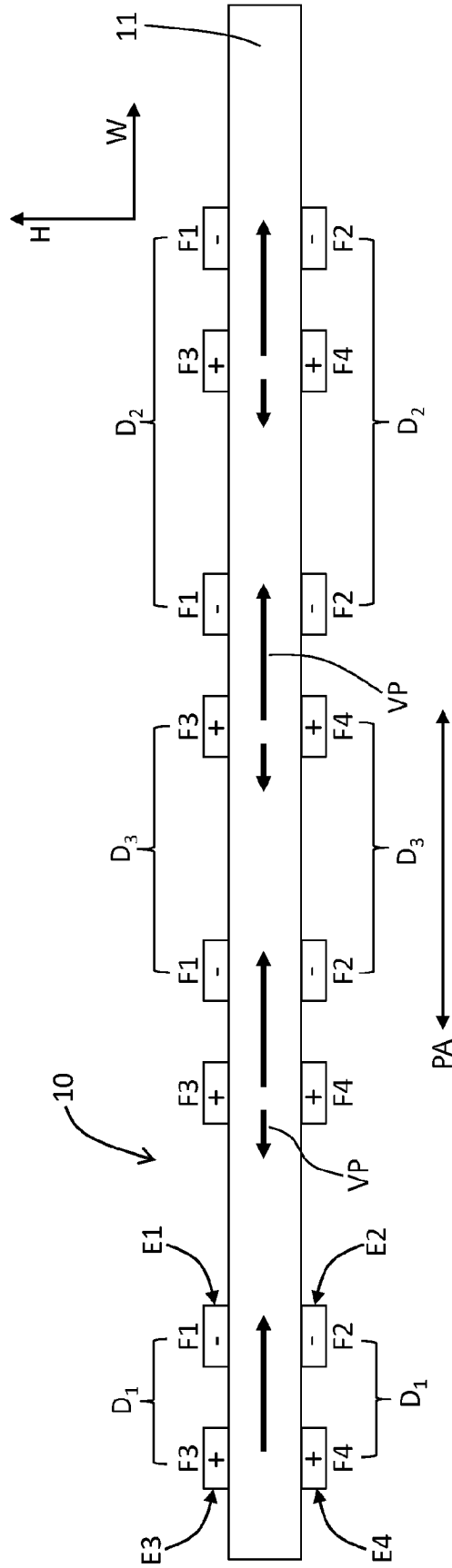


图 24

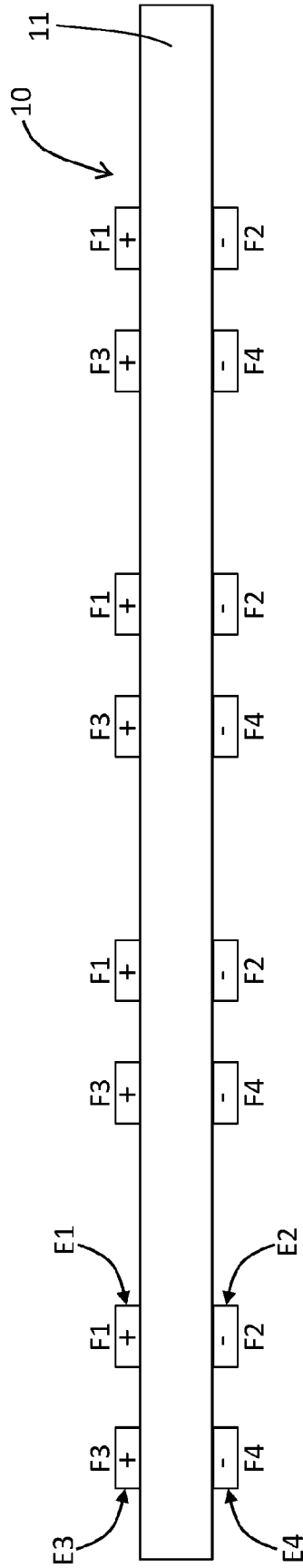


图 25

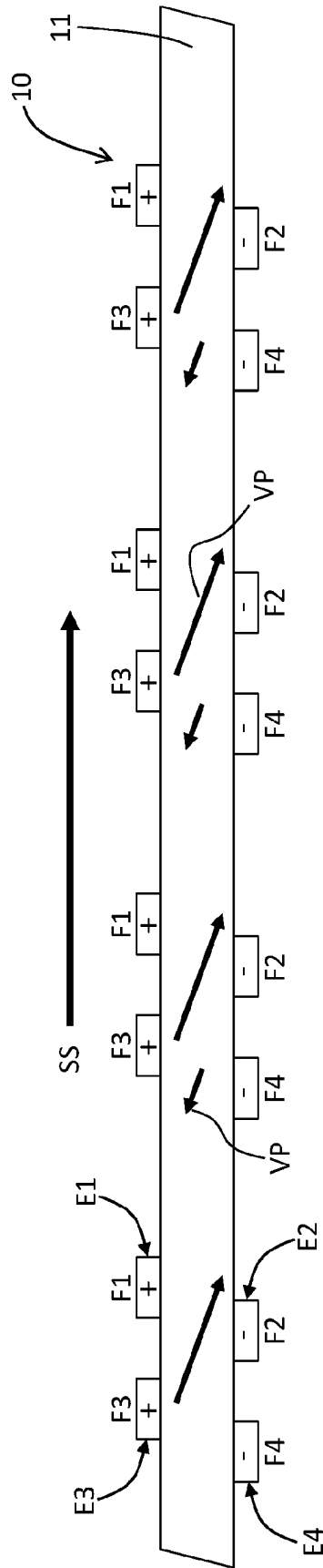


图 26





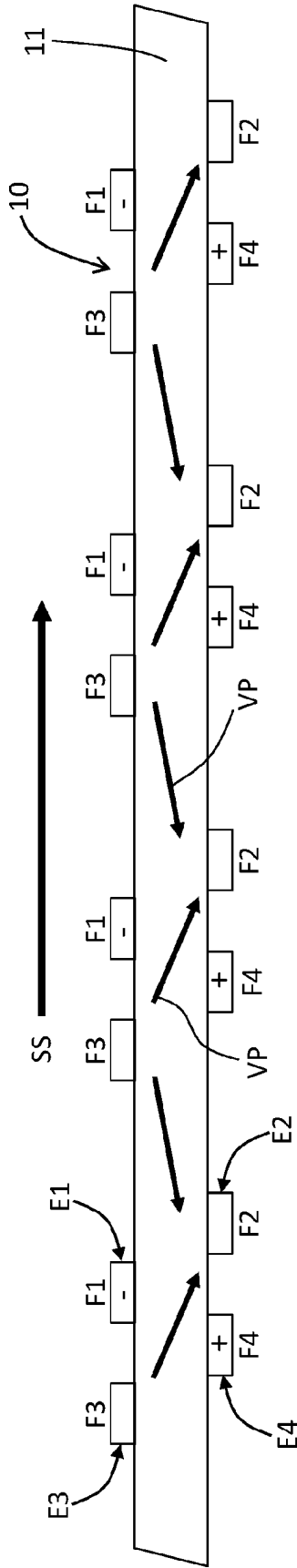


图 29

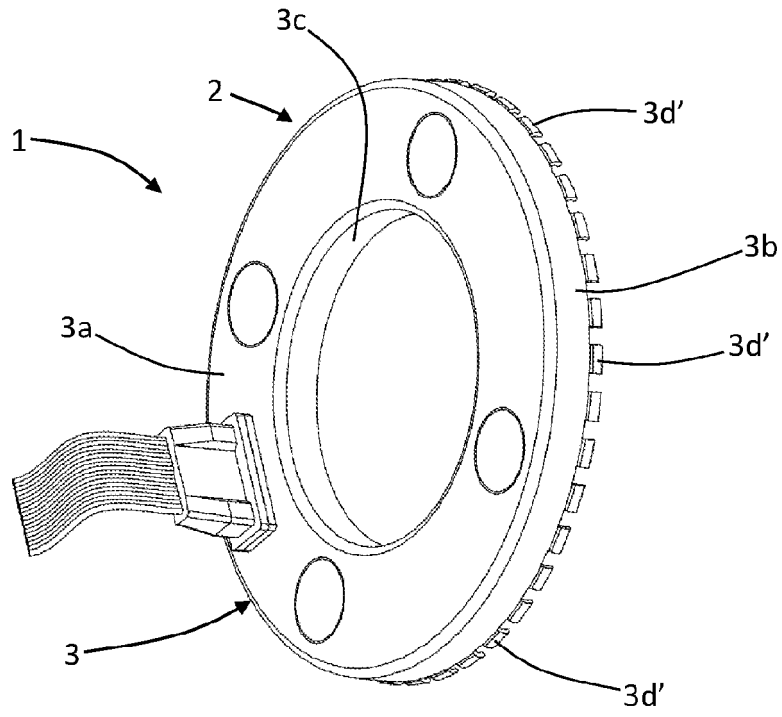


图 30

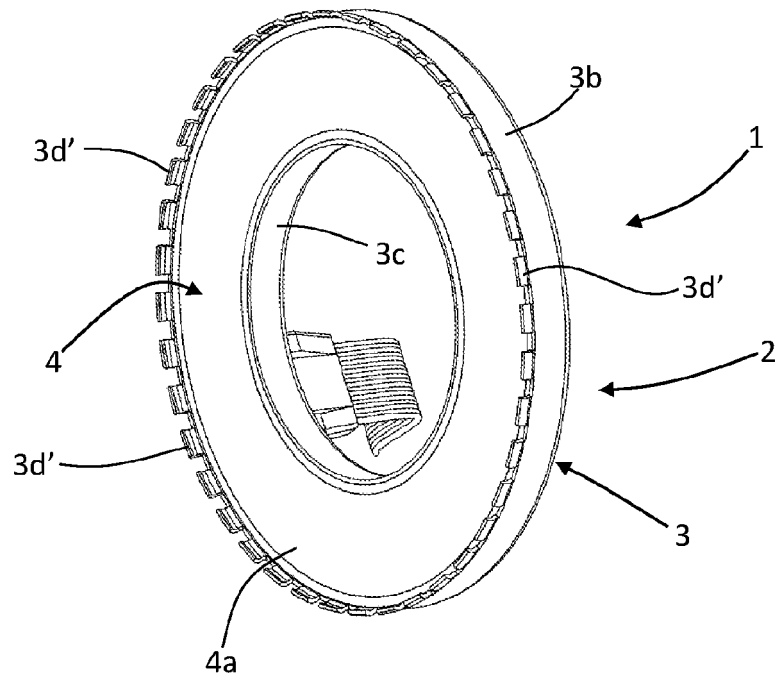


图 31

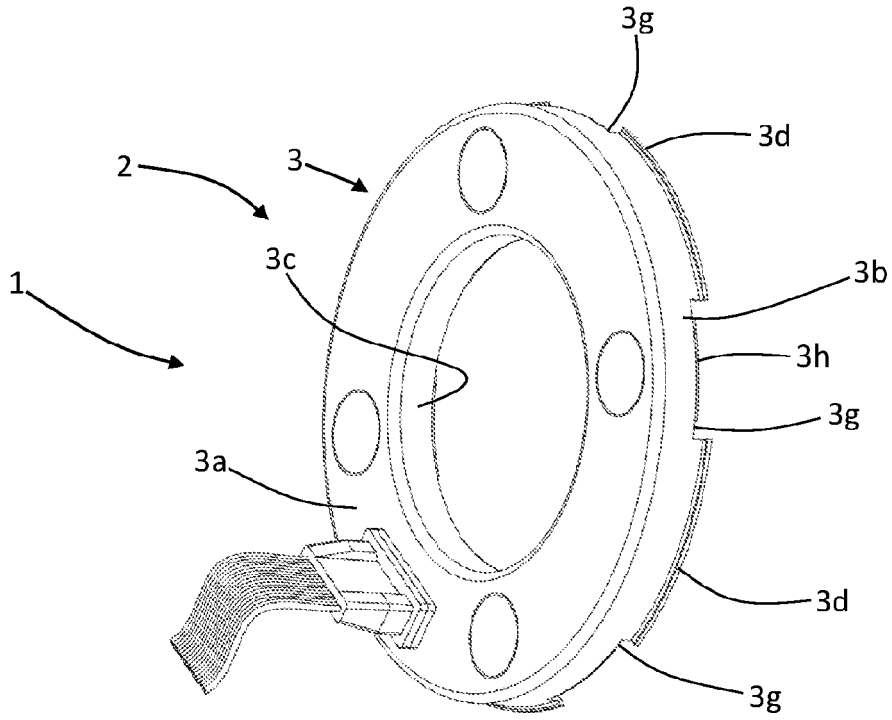


图 32

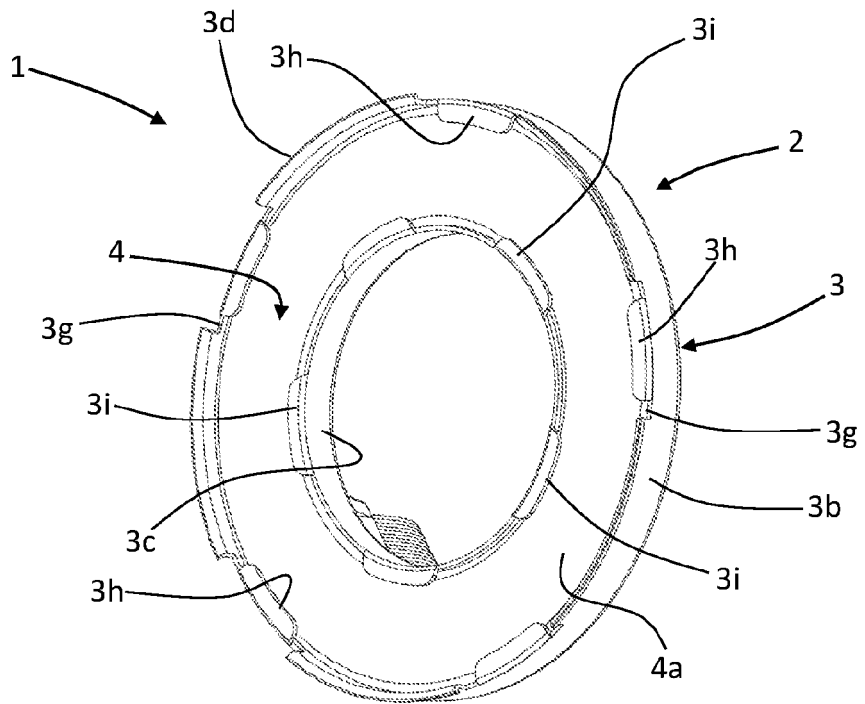


图 33

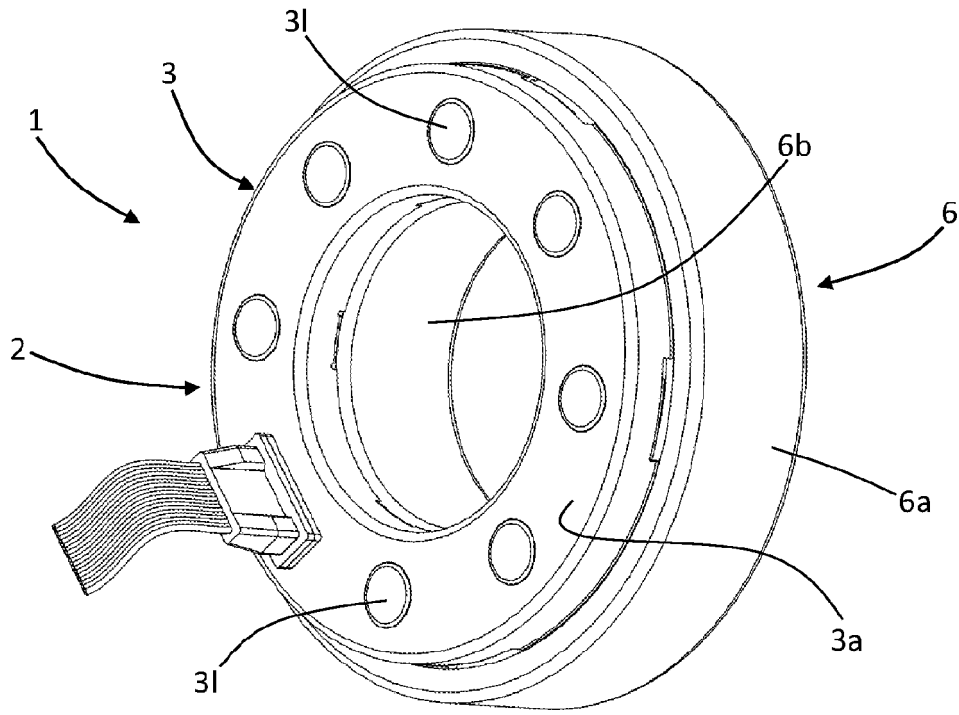


图 34

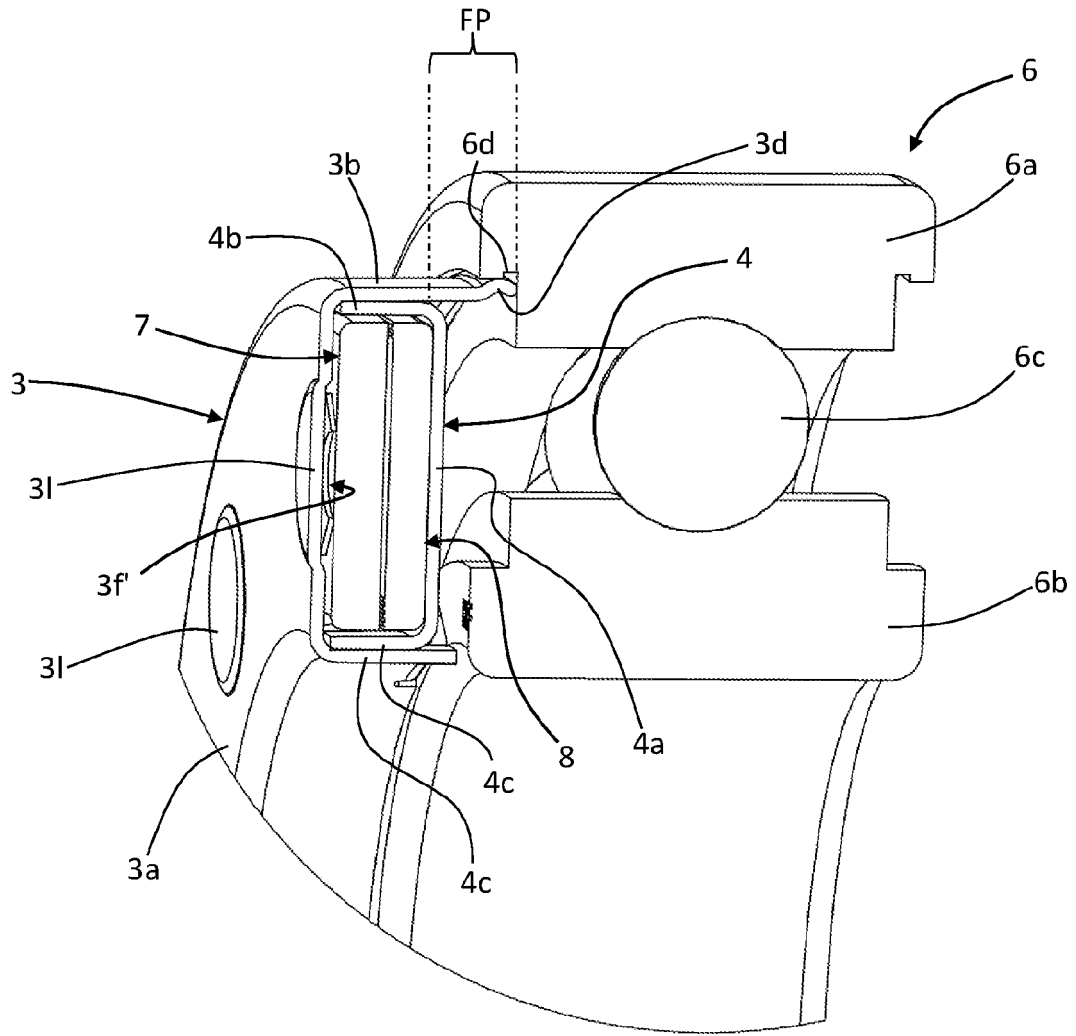


图 35

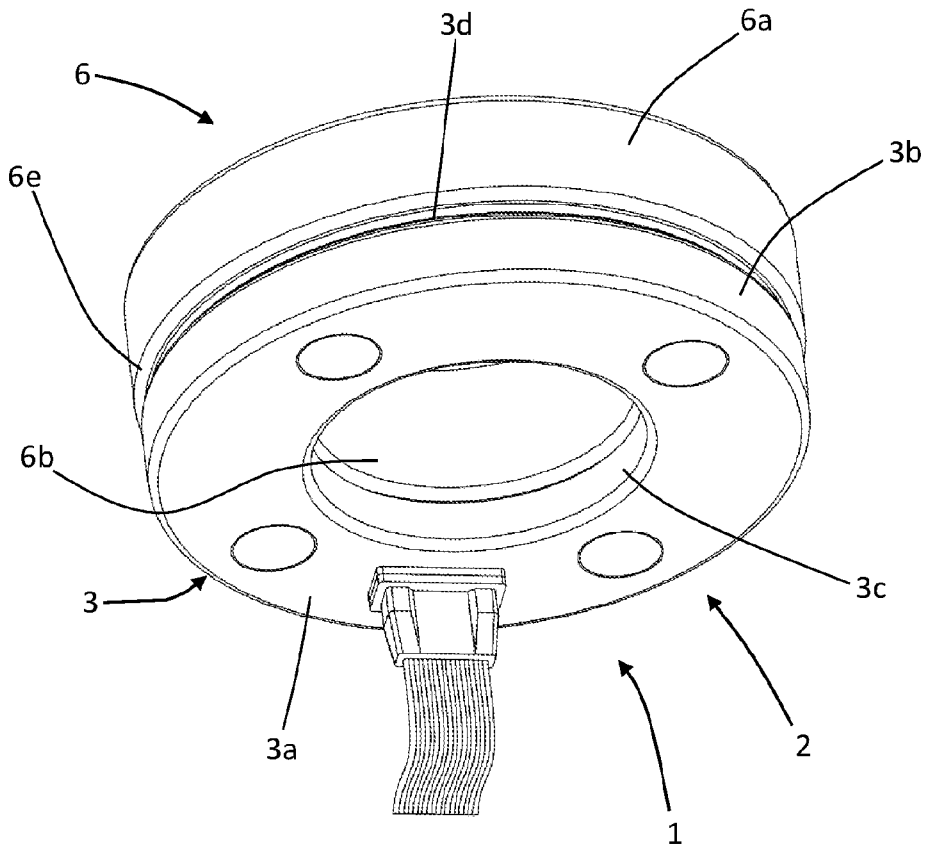


图 36

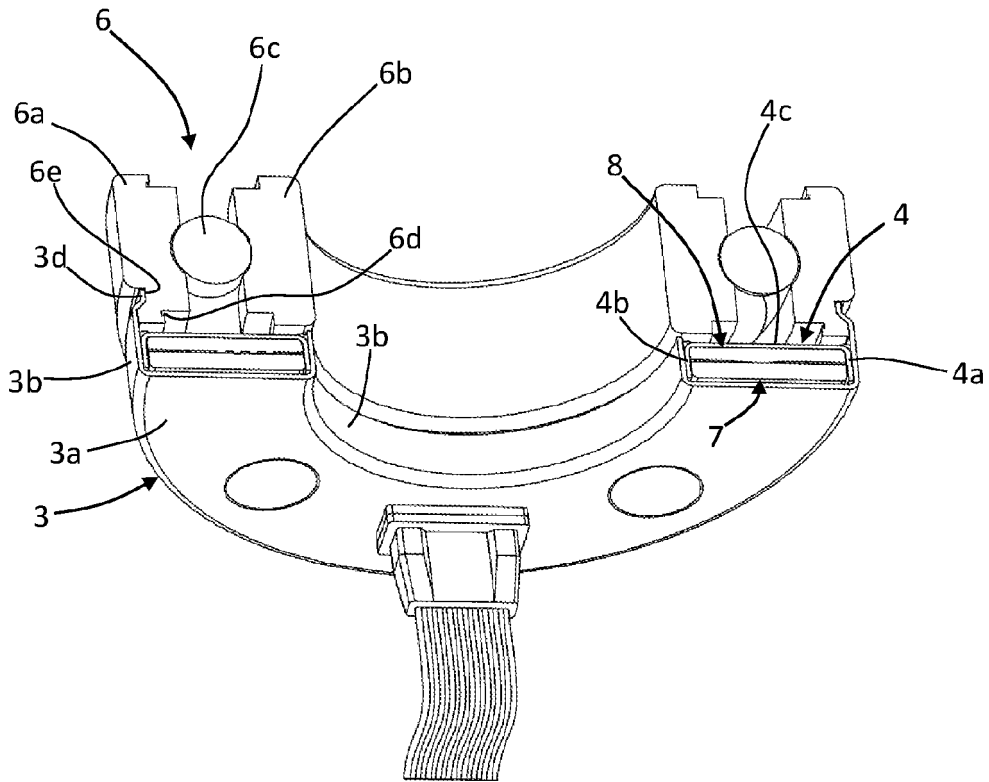


图 37

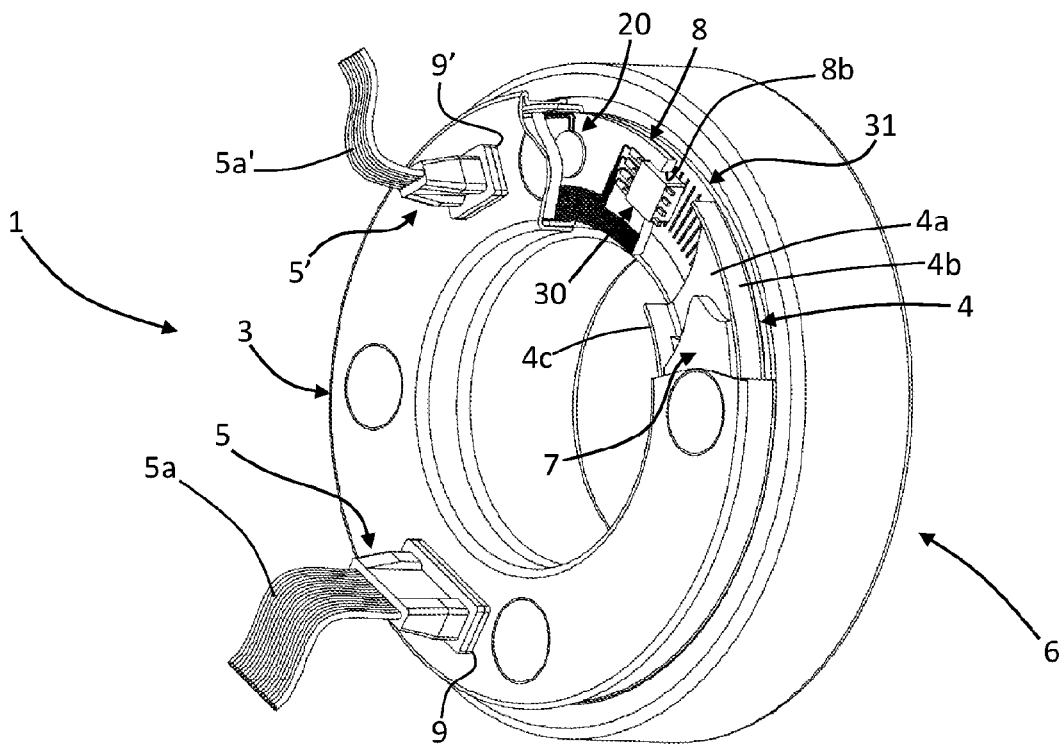


图 38

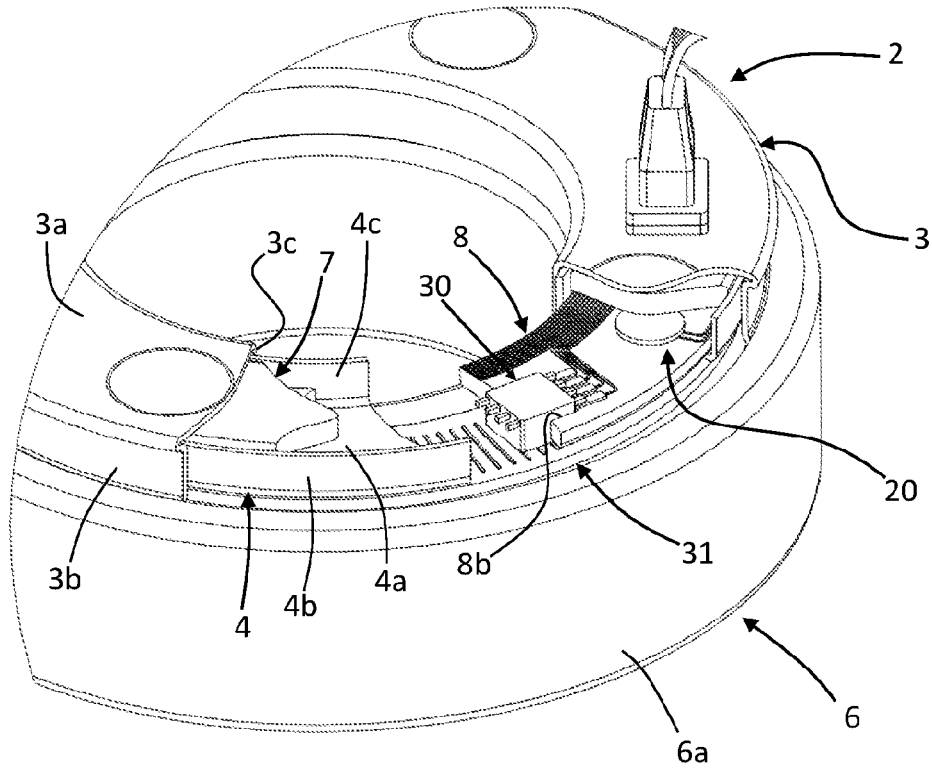


图 39

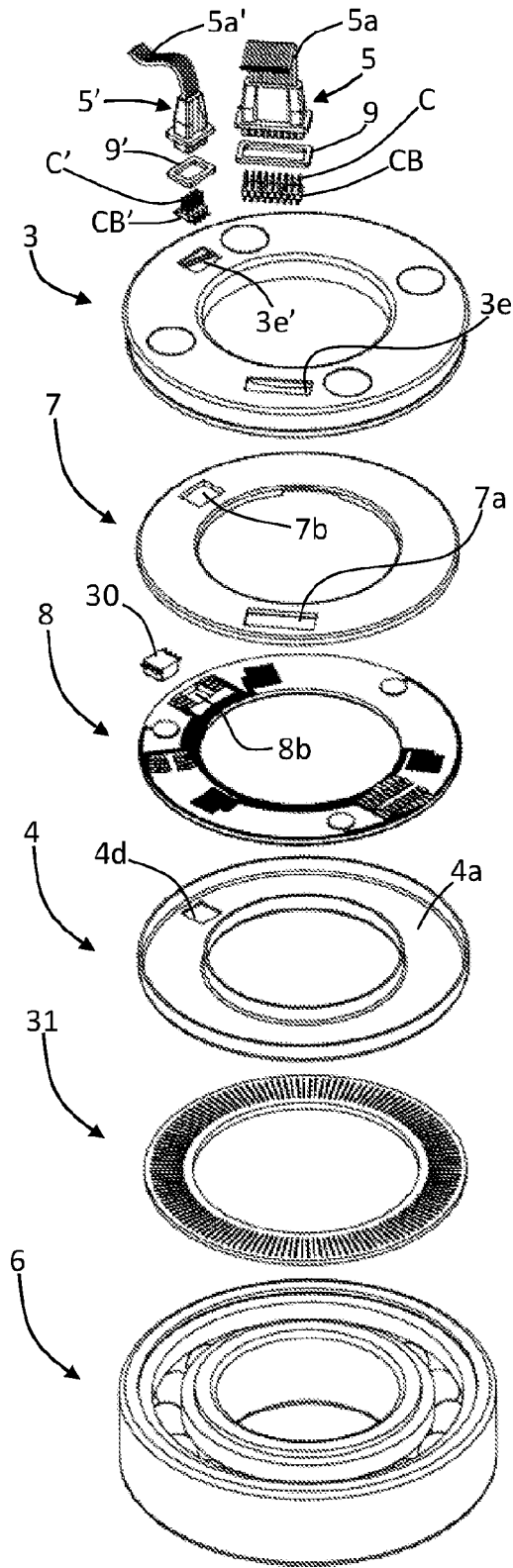


图 40

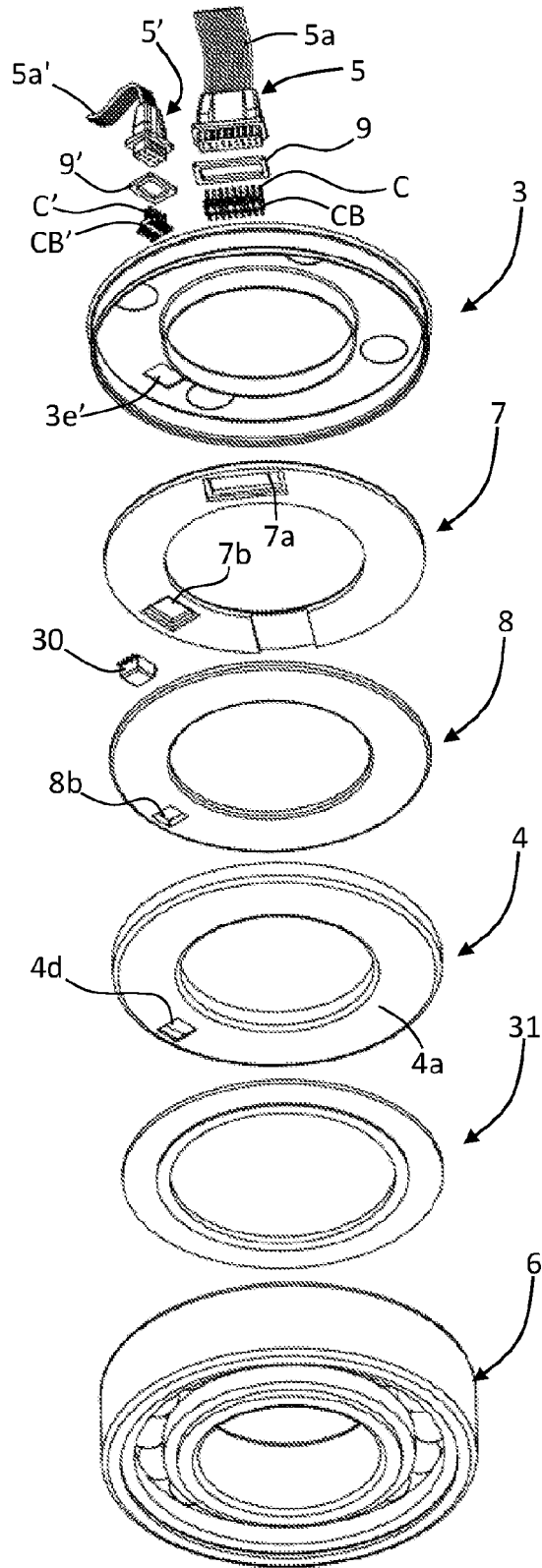


图 41

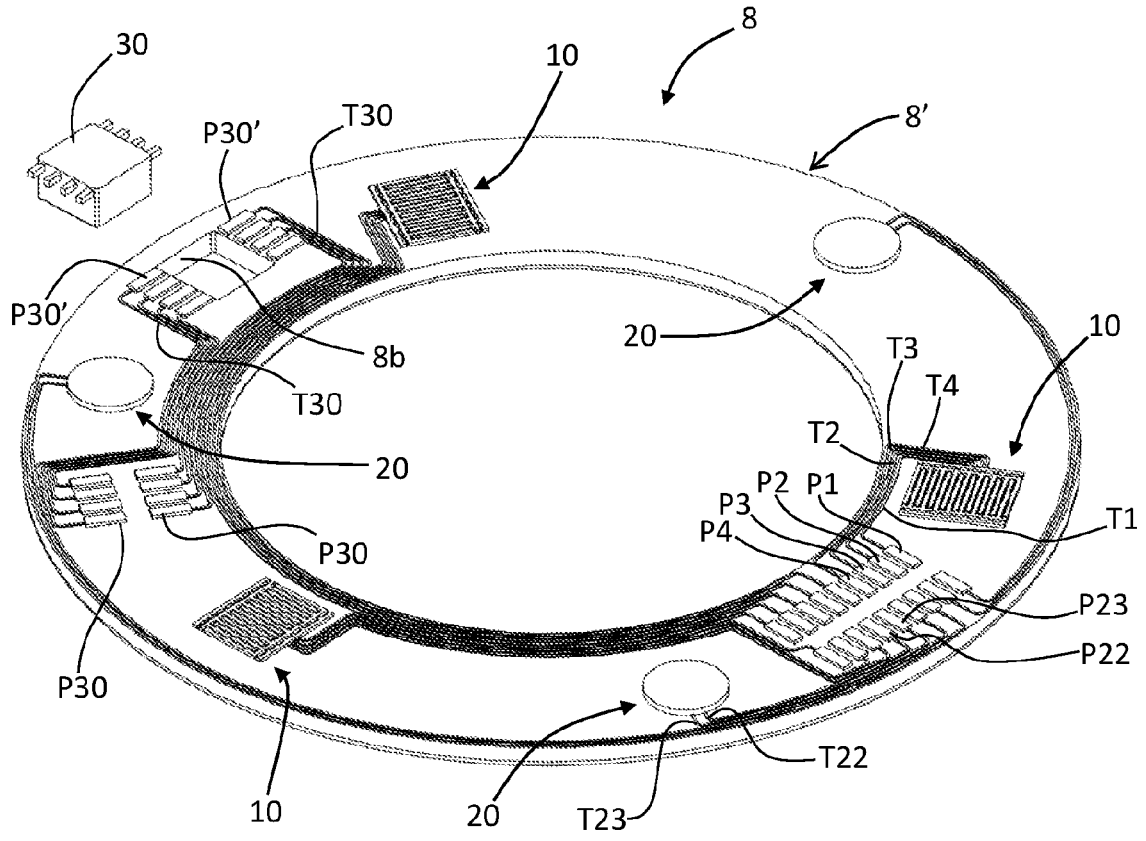


图 42

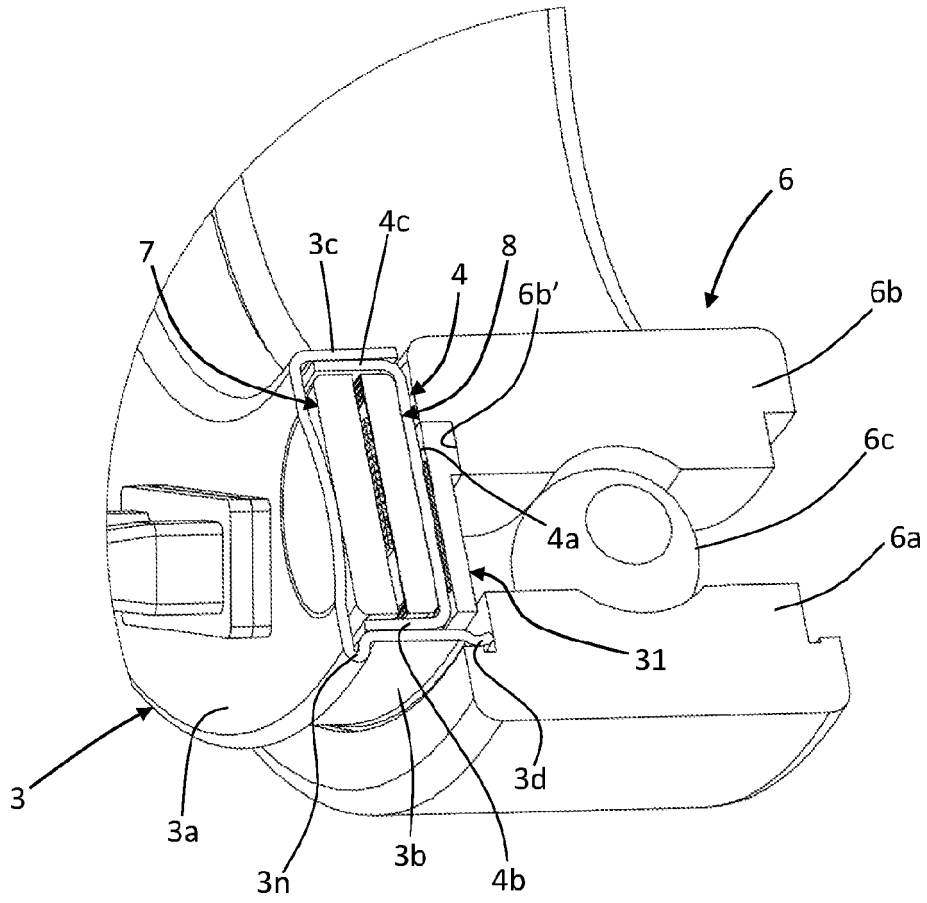


图 43

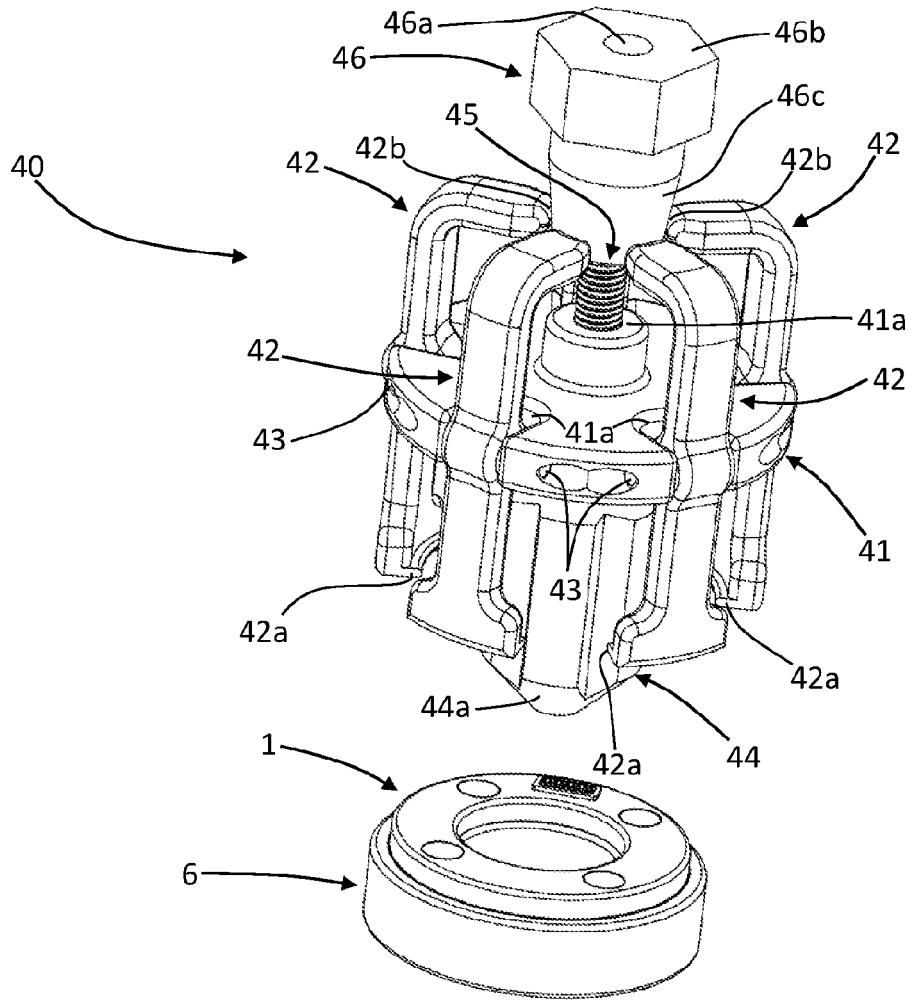


图 44

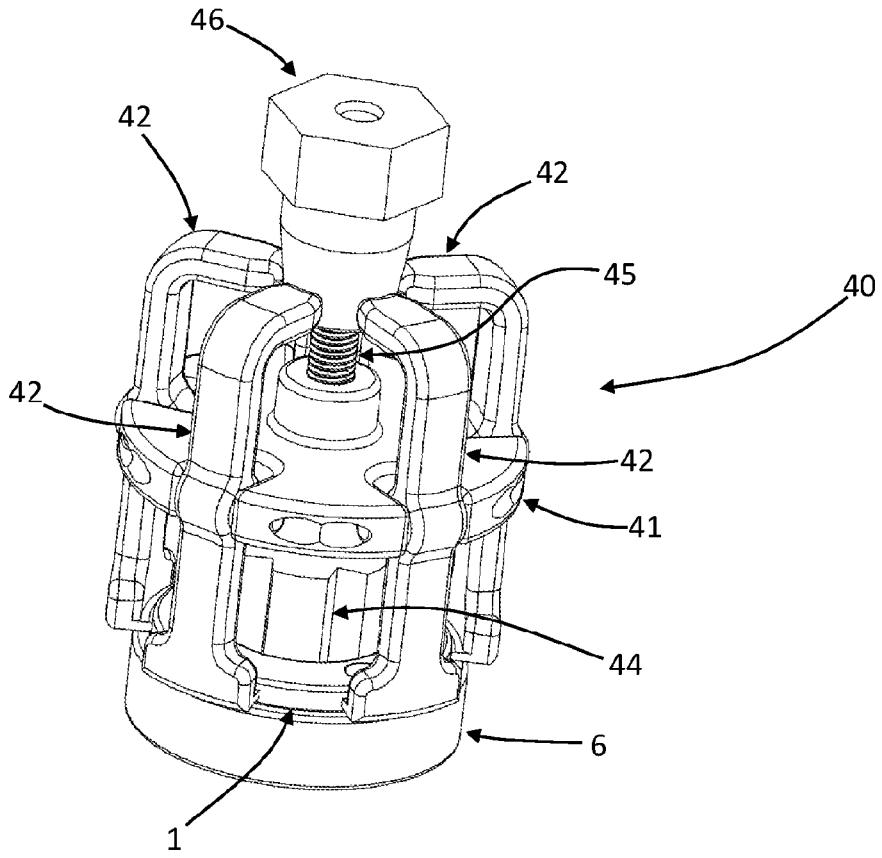


图 45

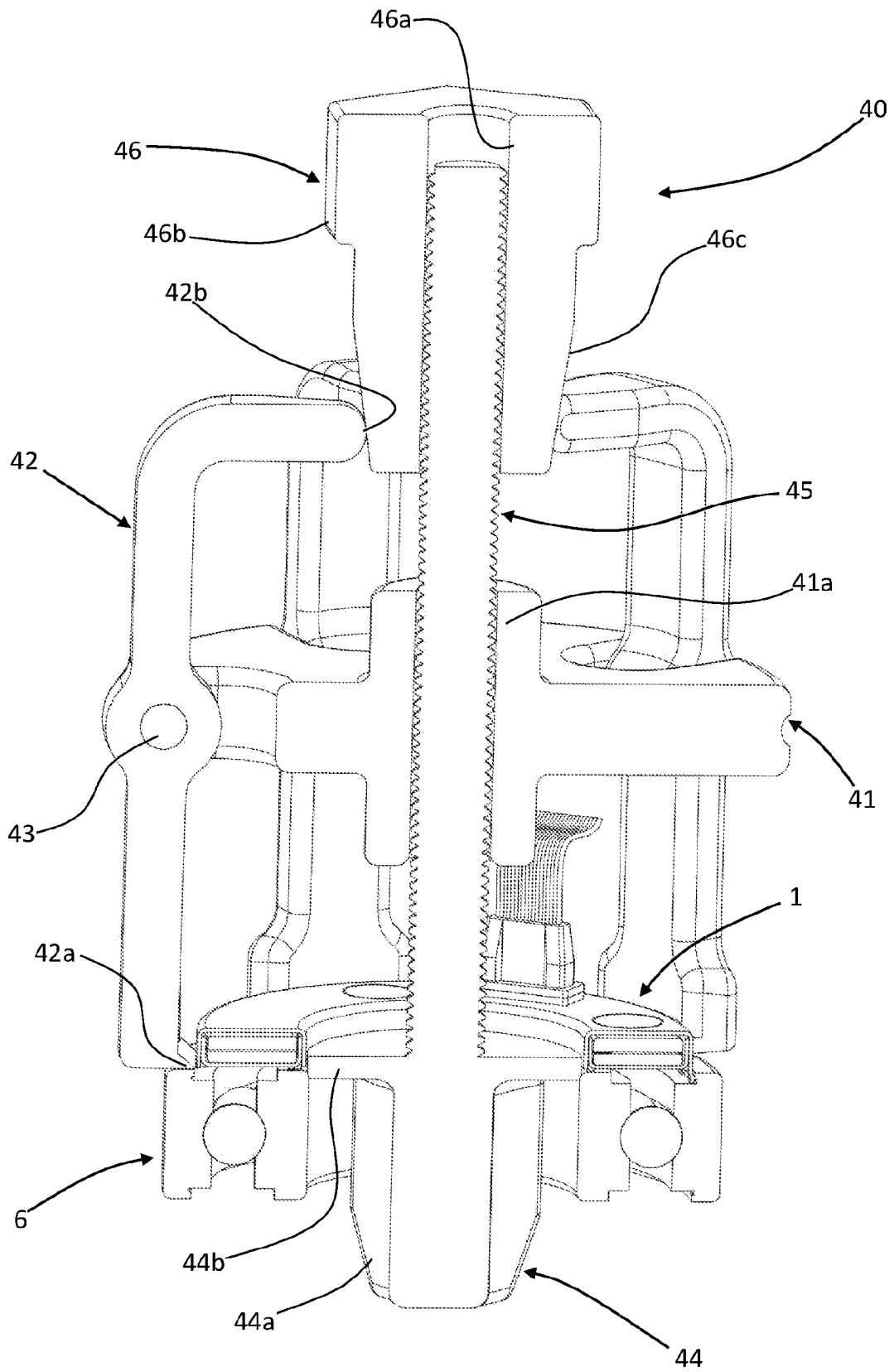


图 46

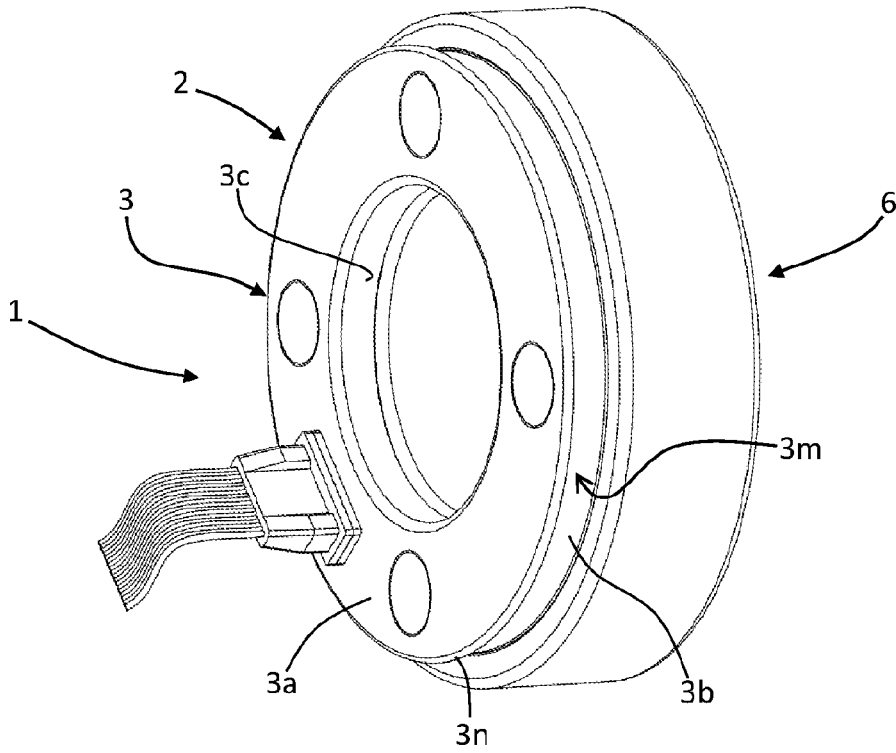


图 47

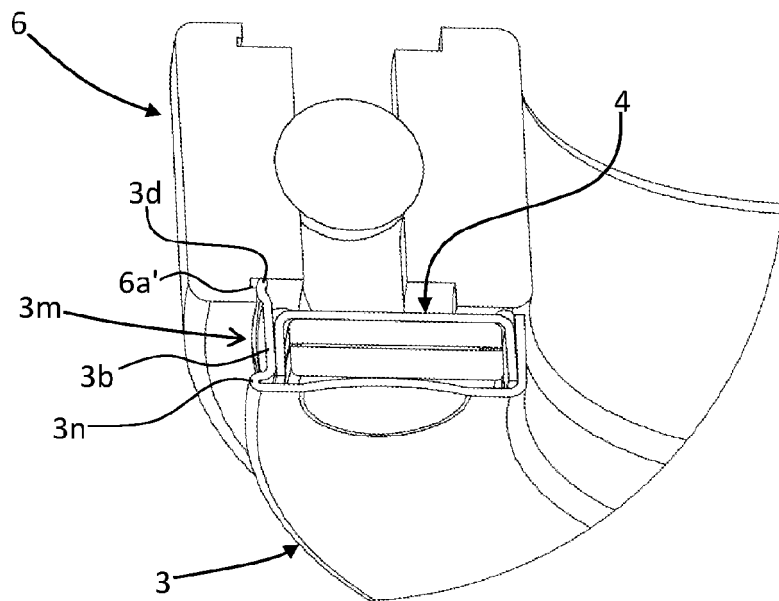


图 48

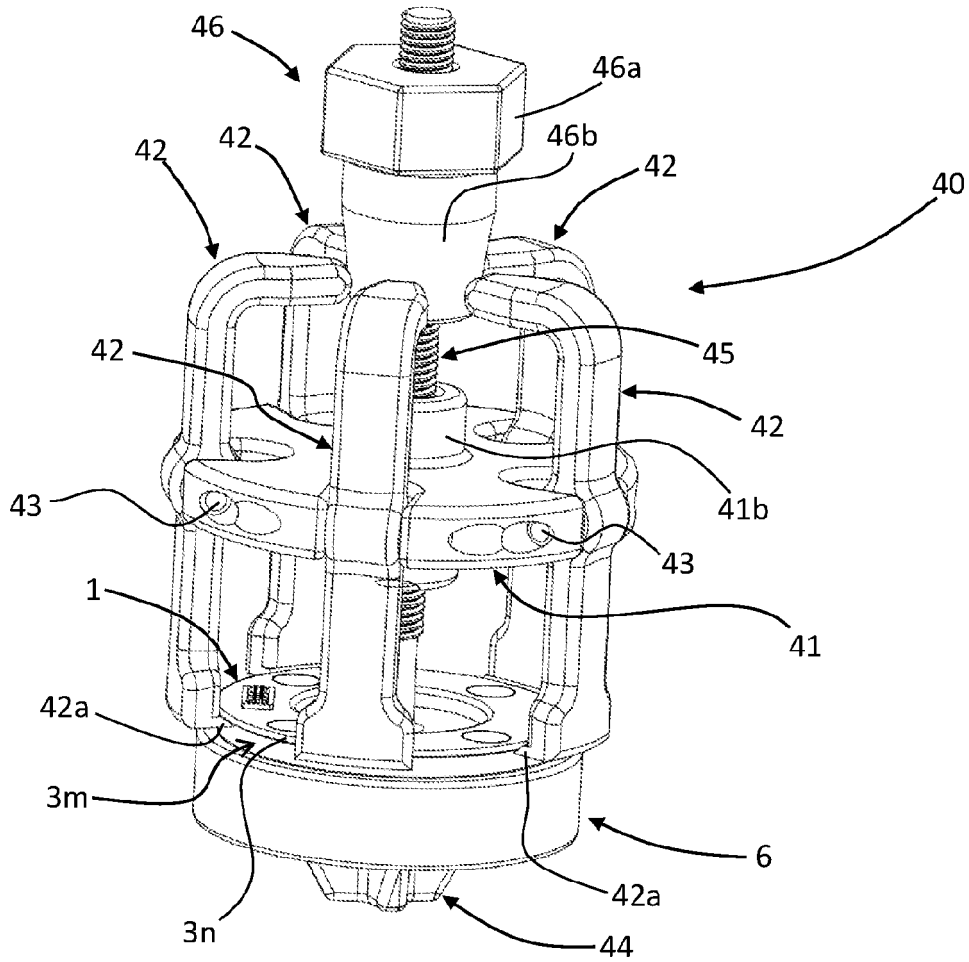


图 49

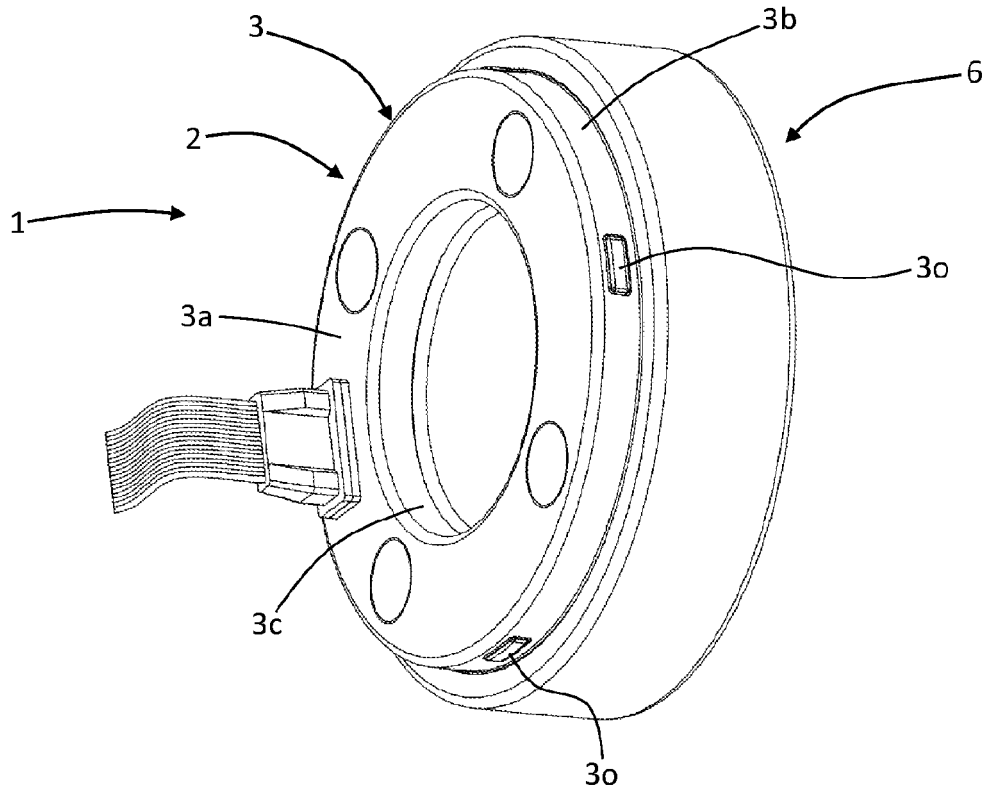


图 50