[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H02K 57/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480000547.6

[43] 公开日 2005 年 11 月 16 日

[11] 公开号 CN 1698252A

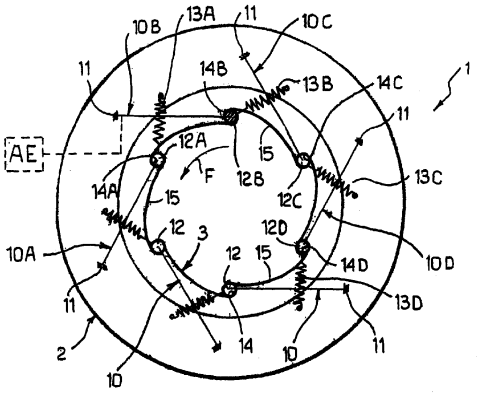
[22] 申请日 2004.2.23
[21] 申请号 200480000547.6
[30] 优先权
[32] 2003.3.14 [33] IT [31] TO2003A000196
[86] 国际申请 PCT/IB2004/000648 2004.2.23
[87] 国际公布 WO2004/082108 英 2004.9.23
[85] 进入国家阶段日期 2005.1.25
[71] 申请人 C.R.F. 阿西安尼顾问公司
地址 意大利奥尔巴萨诺
[72] 发明人 A·扎内拉 F·布特拉
S·阿拉夸
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 赵 辛

权利要求书 4 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称 离散步进式旋转执行机构

[57] 摘要

一种离散步进式旋转执行机构(1)，其包括定子(2)、转子(3)以及至少一个由形状记忆活性材料制成的执行元件(10)，该执行元件(10)具有固定在所述定子上的第一部分(11)，以及带有终端元件(12)的第二部分。转子具有排列成圆周形式的一系列支座(14)，终端元件(12)可以顺序地接合于这些支座中。设于执行元件(10)和定子(2)之间的弹性部件(13)可在活性材料从其缩回结构到其伸长结构的转变期间导致终端元件(12)在两个连续支座(14)之间移动。活性材料从伸长结构到其缩回结构的转变对转子(3)施加了相对于定子(2)的转动力偶。



ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

1. 一种离散步进式旋转执行机构(1)，包括固定部分即定子(2)、旋转部分即转子(3)，以及用于使所述转子(3)相对于所述定子(2)旋转的装置(10,13,14)，其特征在于，所述装置(10,13,14)包括:

- 至少一个至少部分地由形状记忆活性材料制成的执行元件(10)，其可呈现出缩回结构和伸长结构，所述执行元件(10)具有固定在所述定子(2)和转子(3)中的一个上的第一部分(11)，

- 围绕着所述转子(3)和定子(2)中的另一个排列成圆周形式的一系列支座(14)，所述执行元件(10)具有可与所述支座(14)顺序地接合的第二部分(12)，

- 设于所述执行元件(10)与所述定子(2)和转子(3)中的所述执行元件(10)的所述第一部分(11)固定于其上的那个之间的弹性部件(13)，

其中，在活性材料从其缩回结构到其伸长结构的转变期间，所述弹性部件(13)起作用，导致所述执行元件(10)的所述第二部分(12)在所述一系列支座中的两个连续支座(14)之间移动，活性材料从所述伸长结构到其缩回结构的转变则对所述转子(3)施加相对于所述定子(2)的转动力偶。

2. 根据权利要求 1 所述的执行机构，其特征在于，所述活性材料可在包括有形状记忆金属合金、形状记忆聚合物、电活性聚合物的材料组中选择。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的执行机构，其特征在于，可对所述执行元件(10)施加电刺激或热刺激，以实现其从缩回结构到伸长结构或者相反的转变。

4. 根据权利要求 3 所述的执行机构，其特征在于，所述执行元件(10)与电源装置(AE)相连，所述电源装置(AE)可工作以通过焦耳效应来加热所述执行元件(10)。

5. 根据权利要求 3 所述的执行机构，其特征在于，所述执行元件

(10)设置成使其可被所述元件处于其中的流体的温度所促动。

6. 根据权利要求 1 所述的执行机构，其特征在于，所述弹性部件(13)可工作以对相应的执行元件(10)施加拉力，从而使所述第二部分(12)离开所述第一部分(11)。

7. 根据权利要求 6 所述的执行机构，其特征在于，所述弹性部件包括弹簧(13)，尤其是螺旋弹簧。

8. 根据权利要求 7 所述的执行机构，其特征在于，所述第二部分包括终端元件(12)，所述弹簧(13)的一端与所述终端元件(12)相关联。

9. 根据权利要求 1 所述的执行机构，其特征在于，所述支座(14)具有大致下凹的形状，其空腔在与所述转子(3)的角运动方向(F)相反的方向上敞开。

10. 根据权利要求 1 所述的执行机构，其特征在于，所述支座(14)处于大致等距地相互间隔开的位置处，并设置在所述定子(2)和转子(3)中的一个的圆周表面上。

11. 根据权利要求 10 所述的执行机构，其特征在于，所述圆周表面成形为在所述一系列连续成对的支座(14)之间形成了斜面(15)，其具有相对于所述转子(3)的角运动方向(F)为下降的展开面。

12. 根据权利要求 8 所述的执行机构，其特征在于，所述执行元件(10)具有薄且长的形状。

13. 根据权利要求 1 所述的执行机构，其特征在于，所述定子(2)和转子(3)均都由一对大致盘形的同轴且平行的元件(2',3')组成，所述执行元件(10)和相应的弹性部件(13)至少部分地在形成于各对两个盘形元件(2',3')之间的空间内延伸。

14. 根据权利要求 1 所述的执行机构，其特征在于，设置了多个执行元件(10)，各所述执行元件(10)均与相应的弹性部件(13)相关联。

15. 根据权利要求 14 所述的执行机构，其特征在于，为多个所述执行元件(10)同时供电。

16. 根据权利要求 14 所述的执行机构，其特征在于，所述执行元

件(10)以顺序的方式获得供电。

17. 根据权利要求 14 所述的执行机构，其特征在于，至少第一组多个所述执行元件(10)相对于第二组多个所述执行元件(10)被顺序地供电。

18. 根据权利要求 1 所述的执行机构，其特征在于，所述定子(2)相对于所述的转子(3)处于周边位置。

19. 根据权利要求 1 所述的执行机构，其特征在于，所述转子相对于所述定子处于周边位置。

20. 根据权利要求 10 所述的执行机构，其特征在于，所述圆周表面是所述定子(2)或转子(3)的内周表面或外周表面。

21. 根据上述权利要求中一项或多项所述的离散步进式旋转执行机构(1)在制造微型装置如电动机、泵、涡轮、光闸、导流器等中的应用。

22. 一种能够在两个相反的旋转方向上产生促动的促动装置，其包括根据权利要求 1 到 20 中的一项或多项所述的第一和第二离散步进式旋转执行机构(1)，所述两个执行机构(1)的转子(3)沿着相反的方向进行角运动。

23. 一种使旋转部分即转子(3)相对于固定部分即定子(2)产生离散步进式旋转的方法，包括下述步骤:

- 提供至少一个至少部分地由形状记忆活性材料制成的执行元件(10)，其可以处于缩回结构和伸长结构中;

- 在所述定子(2)或转子(3)上设置一系列支座(14);

- 将所述执行元件(10)的第一部分(11)固定在所述转子(3)和定子(2)中的一个上，使得所述执行元件(10)的第二部分(12)与所述支座(14)中的第一支座相接合;

- 将弹性部件(13)设于所述执行元件(10)与所述定子(2)或转子(3)中的所述执行元件(10)的所述第一部分(11)固定于其上的那个之间;

- 对活性材料施加电刺激或热刺激，从而确定其从所述缩回结构

到所述伸长结构或者相反的转变，

其中，活性材料从其伸长结构到其缩回结构的转变克服所述弹性部件(13)的作用而对所述转子(3)施加了相对于所述定子(2)的转动力偶，所述弹性部件(13)的作用在活性材料从所述缩回结构到所述伸长结构的转变期间导致所述第二部分(12)从所述一系列支座(14)中的第一支座移动到下一支座中。

离散步进式旋转执行机构

本发明涉及一种离散步进式旋转执行机构，其包括固定部分即定子、旋转部分即转子，以及用于使转子相对于定子旋转的装置。

所指类型的电执行机构也称为步进式电动机或步进器，其用于需要有精确的转子角位移的场合中。

通常具有可变磁阻或混合型的永磁体的这种执行机构或电动机的操作可将一系列电流脉冲按照给定的顺序发送给执行机构，从而以连续微动的方式来使转子旋转，直到达到平衡位置为止。这样，仅通过对脉冲计数并设定其频率便可使与转子相关的轴在所需位置并以所需速度旋转，这是因为轴和转子的平衡位置通过机械的方式高精度地确定下来。

已知的步进式执行机构通常比较庞大，并需要复杂的电子驱动电路，通常是数字电路。尤其是，在低速下和在使用较简单的驱动技术时，所述执行机构的典型微动操作还会导致振动和噪音。

本发明旨在实现一种新型的离散步进式旋转执行机构，其具有较小的尺寸，相对于尺寸来说较高的功率，无噪音的工作，并且不需要复杂的控制系统或机械减速器。

为了实现所述目标，本发明的目的是一种如上所述的离散步进式旋转执行机构，其特征在于，用于使转子相对于定子旋转的装置包括:

- 至少一个至少部分地由形状记忆活性材料制成的执行元件，其可呈现出缩回结构和伸长结构，该执行元件具有固定在所述定子或转子中的一个上的第一部分，

- 围绕着所述转子或定子中的另一个排列成圆周形式的一系列支座，执行元件具有可与所述支座顺序地接合的第二部分，

- 设于执行元件和所述转子或定子中的所述执行元件的第一部分固定于其上的那个之间的弹性部件。

在活性材料从其缩回结构到其伸长结构的转变期间，所述弹性部件起作用，导致所述执行元件的第二部分在所述支座系列中的两个连续支座之间移动，而活性材料从伸长结构到其缩回结构的转变则会对转子施加相对于定子的转动力偶。

在一个优选实施例中，所用的活性材料是形状记忆金属合金。由形状记忆合金(SMA)制成的执行机构在本质上是已知的，并且已经用于多种技术领域的若干应用中。它们通常使用至少一个由金属合金制成的元件，其可在超出给定的转变温度时改变其结构。在其他可能的实施例中，根据本发明的用于制造执行机构的执行装置的活性材料可以是形状记忆聚合物(SMP)或电活性聚合物(EAP)。

所提供的执行元件优选为线形，并可与电源装置相连，该电源装置通过焦耳效应而将所述元件加热到超过活性材料的转变温度。在有若干执行元件的情况中，可以同时或顺序地为执行元件供电；也可以顺序地对若干组执行元件供电。

或者，可通过执行机构工作时处于其中的流体如气体或液体的温度来直接地驱动执行元件。

由于上面提到的特征，根据本发明的执行机构具有简单的结构，较小的尺寸和低廉的成本，同时其操作是精确且无噪音的，并能容易地进行控制。

从仅作为非限制性示例提供的参考附图所作的下述描述中，可以清楚本发明的其它特征和优点，在图中：

- 图 1 是根据本发明的旋转执行机构在第一工作状态下的示意性视图；

－图 2 是图 1 所示旋转执行机构的一部分处于第二工作状态下的示意性视图；

－图 3 是类似于图 2 的示意图，其中旋转执行机构处于第三工作状态；

－图 4 是根据本发明的一个可能实施例的旋转执行机构的一部分的局部剖开的透视图。

在图中，标号 1 整体上表示根据本发明的旋转执行机构，其包括固定部分即定子 2 和旋转部分即转子 3。应当注意的是，在图 1 及随后的图 2 和 3 中，执行机构的一些部件采用上述标号并加上字母 A、B、C 和 D 来表示，以便更好地显示其位置变化；然而在下面的描述中将只提到这些标号。

定子 2 具有带圆形截面、例如形成为通腔形状的中心壳体，转子 3 可转动地安装在该空腔内；在通过示例所显示的情况中，定子 2 和转子 3 均具有大致圆柱形的中空形状，并且相互间同轴，转子 3 的外环面与定子 2 的内环面相邻。例如，定子 2 可具有 15-20 毫米的外径，以及 2-3 毫米的厚度。

根据本发明，为了在转子 3 和定子 2 之间产生转动力偶，设置了一个或多个执行元件 10，其至少部分地由活性材料、即其构型可通过外部从施加刺激而选择性变化的材料制成。

在本发明的该优选实施例中，所用的活性材料是形状记忆金属合金。如上所述，这种金属材料如果产生了变形，然后经受适当的热处理的话，那么它们可以恢复其初始构型。具体地说，在从高温下的其最坚硬构型（奥氏体）变成在低能量且低温下的其构型（马氏体）时，形状记忆金属合金会经历晶相变化。当到达低温时，由形状记忆合金制成的元件处于马氏体似的结构，具有较低的屈服点，并且容易变形；在加热后合金处于另一种晶相结构，即奥氏体似的结构，然后恢复到其初始结构和形状。转变温度始于合金“记起”

其初始形状时的温度，其可通过改变成分或适当的热处理而变化。具有“形状记忆”特性的最引人关注的合金是那些在相变期间具有很大的变形回复或者会产生显著强度的合金，例如镍-钛、镍-钛-铜、铜-铝-锌、铜-铝-镍合金，它们可用来实施本发明。

在图 1 中以示例方式所示的情况下，执行机构 1 包括六个执行元件 10，其形状类似于线，或者在任何情况下均具有薄且长圆形的形状，所有执行元件具有相同的长度；例如，所述线 10 可具有约 3-5 毫米的长度。

各线 10 的一侧均固定在定子 2 上的由标号 11 表示的相应区域内；在另外一侧，各线 10 均与终端元件 12 相关联，该终端元件 12 不必由活性材料制成。各终端元件 12 均紧固在相应螺旋弹簧 13 的第一端上，而螺旋弹簧的另一端则固定在定子 3 上。所述弹簧 13 设置成可在相对于转子的旋转方向与相应线 10 的一个固定点 11 大致相反的方向上对相应的终端元件 12 施加拉力，转子的旋转方向如图 1 中的 F 所示。

如图 4 所示，转子和定子均由同轴的盘片 2',3'构成，这些盘片通过本质上已知的方式相互间形成一体；这样就限定了盘片 2'和盘片 3'之间的间隙，线 10 和弹簧 13 可在该间隙内延伸。图 4 还显示了线 10 如何可以形成为具有相对于终端元件 12 为往返部分的 U 形，这样，线的两端相互间靠近，从而使相应区域 11 中的电连接和机械连接更容易。

转子 3 的内周表面装有用于终端元件 12 的等距间隔开的接合支座 14；在示例所示的情况中，如图 4 所示，终端元件 12 成形为小圆柱体，其接合支座具有大致凹入的形状，并在与转子 3 的旋转方向 F 相反的方向上敞开。

转子 3 的内周表面成形为在两个连续支座 14 之间形成了一个斜面 15 或“表面跳动(sky jump)”，即呈略微弯曲式展开的表面，其将处于不同高度的两个平面连接起来；具体地说，相对于与转子 3 的

运动方向 F 相反的方向，各斜面 15 都具有从支座 14 上升到下一支座的展开面。至于线 10 和弹簧 13，在示例所示的情况中，设有六个支座 14 和六个斜面 15。

在本发明的该优选实施例中，线 10 的端部与在图 1 中用 AE 示意性标示的电源相连，从而使电流流经所述线，然后通过焦耳效应来加热这些线。根据为执行机构 1 所选择的控制模式，可以同时或顺序地为线 10 供电。下面将参考同时为所有线 10 供电的情况来如下所述地介绍执行机构 1 的工作。

图 1 显示了执行机构 1 的静止状态，其中没有向线 10 供电；如图所示，在所述状态下，终端元件 12 均处于转子 3 的相应接合支座 14 中。

作为因电流通过而引起的加热的结果，如图 2 所示，线 10 超过了其转变温度，并且呈现出缩短或较小长度的结构，从而将终端元件 12 拉向其相应的固定区域 11。

这样，当线 10 从其伸长结构转变到其缩回结构时，线 10 便对转子 3 施加了转动力偶，这便导致所述转子从图 2 中的虚线所示位置转变到实线所示位置。这样便可得到转子 3 相对于定子 2 的离散式角运动。

在到达图 2 所示位置之后，线 10 的供电被断开；这样，它们的温度逐渐地降低，并下降到低于形状记忆合金的转变温度，使得所述线返回到其各自的伸长结构。

从缩回结构到伸长结构的转变（如图 3 中的虚线所示，仅显示了线 10B 及其相应的终端元件 12B 和弹簧 13B）受到弹簧 13 的作用的帮助，其“拉动”终端元件 12 并使其在斜面 15 上滑动，直到所述元件接合到其之前所占据支座的下一支座 14 中为止。

这样就到达图 3 中实线所示的操作位置中，其中各终端元件 12 都与其之前所占据支座的下一支座 14 相接合；图 3 中的虚线所示支座 14 的位置对应于图 1 中的位置。

然后将再次向线 10 供电，从而得到转子 3 相对于定子 2 的新的离散式角运动，之后将再次断电。该操作循环重复到获得了所需的促动时为止。

用于根据本发明的执行元件 10 的形状记忆材料可以是非金属材料，尤其是形状记忆聚合物(SMP)。如众所周知的那样，这种聚合物可以根据其所处的温度而改变其硬度和形状，并且在被加热时从玻璃态迅速地变化到变形性很高的橡胶态，而在被冷却时会如之前所述地那样迅速地回到其初始的形状和硬度。而且，与金属合金相似，由于其“记忆性能”，如果使 SMP 再次超过其临界温度，它们可以无数次地恢复其初始形状。

如果线 10 由形状记忆聚合物制成，那么所述线的供电循环将与上述相反，即通过供电来得到所述线从其缩回结构到其伸长结构的转变，相反，通过断电来使其从伸长结构转变到其缩回结构；因此在这种应用中，当线 10 从其伸长结构转变到其缩回结构时，即在没有向所述线供电的步骤中，将在转子 3 上施加转动力偶。

在另一可能的实施例中，用在各执行元件 12 的至少一部分中的形状记忆材料可以是电活性聚合物(EAP)，即在施加电场时会产生变形的聚合物材料，尤其可从下述材料中选择:

- 电致伸缩的聚合物，即当施加了电场时通过缩短平行于电场方向上的尺寸并增大垂直于所述电场方向上的尺寸来作出反应的聚合物;

- IPMC 聚合物（离子聚合物金属复合材料），即金属离子复合聚合物，其终端可电离成极性液体（其中一种最常用的 IMPC 是用作“人造肌肉”的杜邦公司生产的 NAFION®）;

- 导电聚合物，即在电离作用变化时会改变其机械特性和尺寸并因此可有利地用作敏感元件和机械执行机构的聚合物。

本发明可以实现具有较小尺寸和高功率密度的离散步进式执行机构，其不需要减速器或复杂的控制系统，并且是无噪音的和精确

的。在这一方面，执行机构 1 的应用是多方面的；尤其应当指出的是，本发明可以有利地应用于制造微型装置如电动机、泵、涡轮、光闸、导流器等微机电系统(MEMS)的领域中。

应当指出的是，如果离散促动步骤的顺序快速性是优先的，那么线 10 可相互间通过连续或相移的方式来供电，而非同时地供电。显然在这种情况下，如果一方面施加给转子 3 的力偶较小，那么另一方面可降低循环时间。

同样明显的是，两种所提议的控制技术可以有利地结合起来，例如通过顺序地为成对的或三个一组的线 10 供电，从而得到所需的力偶和所需的驱动速度。在这一方面中很显然，线 10 的数量可以不同于上面通过示例所提到的数量（六个）；例如可以有十六根线 10，其中四个四个地顺序供电。

在一个可能的实施例中，线 10 可以通过直接检测其所处的温度、例如气体或液体的温度来起作用，从而被处于转变值下的温度所促动，该转变值可在制备所使用的活性材料时进行调节；在这一方面中，执行机构 1 例如设计成可控制光闸，并被直接地浸入到待控制的液体中。当所述液体从第一给定温度转变到第二给定温度时，线就会从其伸长结构转变到其缩回结构（或者相反，这取决于所使用的活性材料），然后在液体回到第一温度时返回到其初始状态，从而可以自动地得到转子 3 的促动步骤。在所述应用中，线 10 也可以是单倍长度即非 U 形的线，因此其一端固定在相应区域 11 上，而另一端与相应的终端元件 12 相关联。

很明显，虽然本发明的基本思想保持相同，然而相对于仅通过示例方式介绍且显示的实施例而言，在不脱离本发明的框架体系的前提下，其结构的细节和实施例可在很大程度上变化。

定子 2 的功能可以通过任何相对于转子 3 具有固定位置的结构来执行。

部件 2 和 3 的功能可与上述示例中所述的相反，例如部件 3 处

于固定位置并用作定子，而部件 2 可进行角运动而用作转子。

因此，对于本领域的技术人员来说很明显，在定子处于中心位置且转子处于周边位置的一个可能的实施例中，接合支座 14 和斜面 15 可设于转子的外周表面上。

上述执行机构可以仅在一个方向上旋转，然而如上所述，它可具有非常小的尺寸（基本上如硬币大小）。在这一方面中，根据本发明的执行机构可制成为被堆叠在另一相同类型的执行机构上，但是定位成具有相反的旋转方向。这样，通过将两个执行机构相连并且每个执行机构用于一个方向，就可以获得能在两个旋转方向上被促动的紧凑装置。

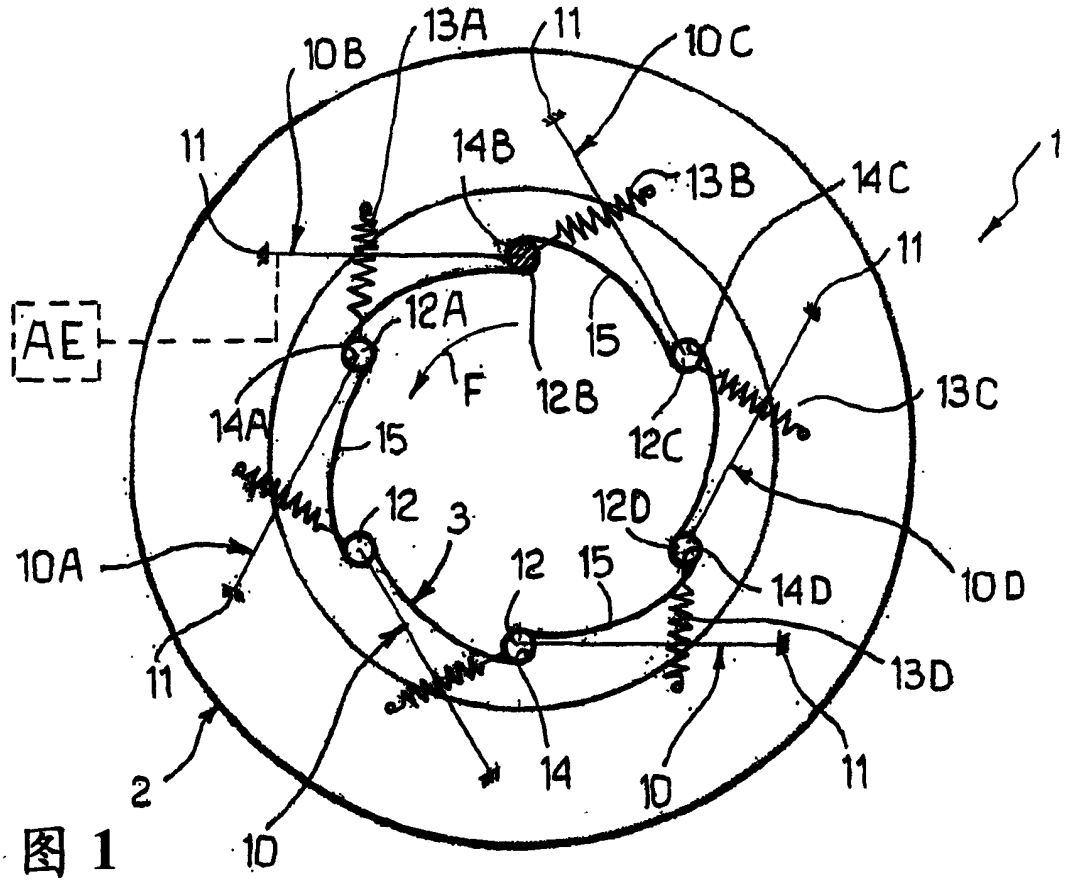

10B
13A
11
10C
1
11
14B
13B
14C
11
AE
12A
15
F
12B
12C
13C
14A
15
12
3
12D
10A
12
15
14D
10D
11
13D
2
14
10
11
10

图 1

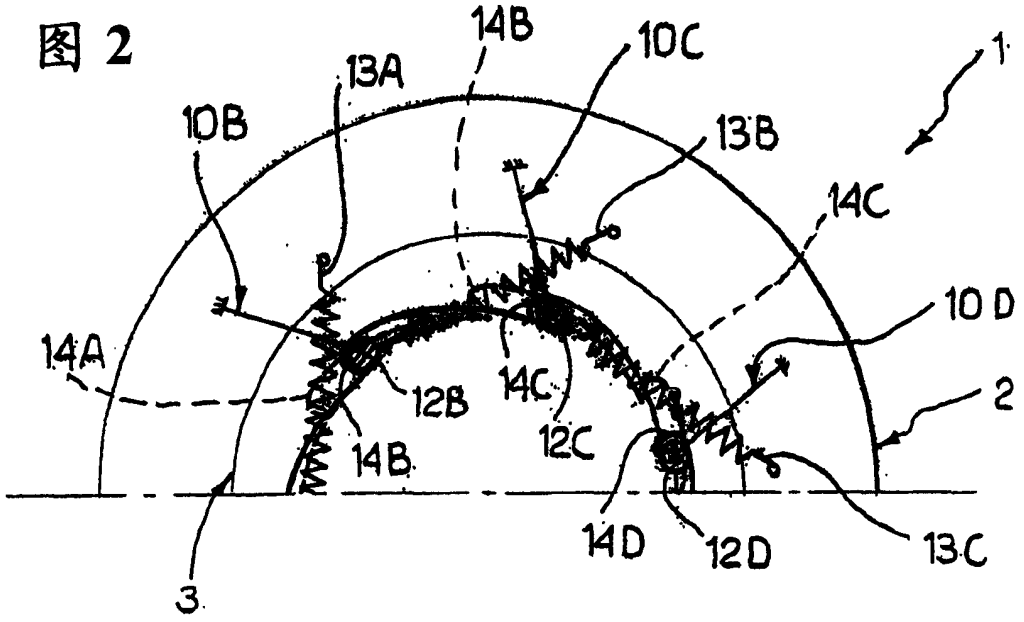

14B
10C
13A
1
10B
13B
14C
10D
14A
12B
14C
2
12C
14B
14D
12D
13C
3

图 2

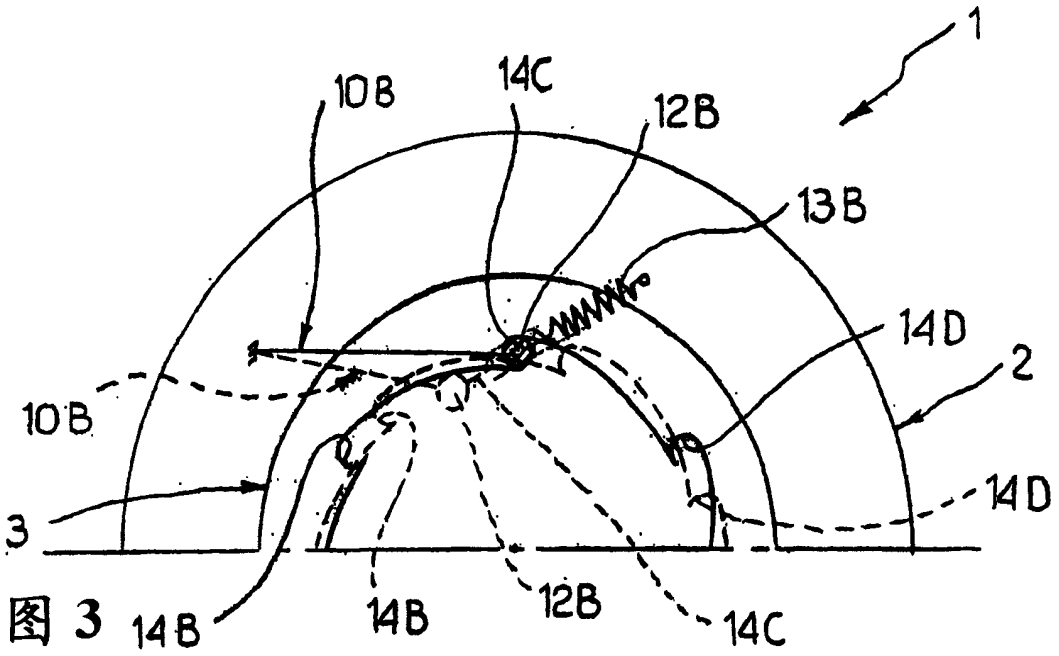
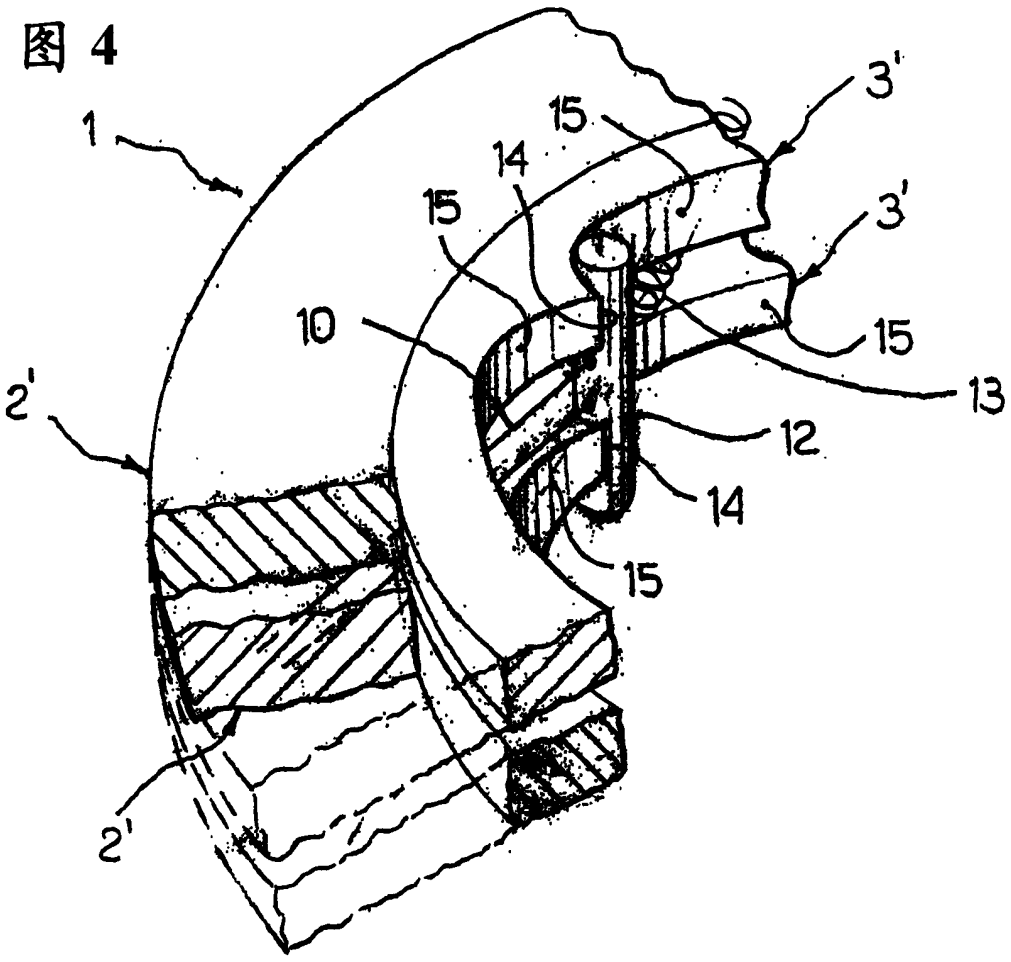

1
10B
14C
12B
13B
14D
2
10B
3
14D
14B
14B
12B
14C

图 3

图 4


1
3'
15
14
15
3'
10
15
13
2'
12
14
15
2'