

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01C 19/02 (2006.01)

G01C 19/06 (2006.01)

G01P 9/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610024507.6

[43] 公开日 2006年8月16日

[11] 公开号 CN 1818552A

[22] 申请日 2006.3.9

[21] 申请号 200610024507.6

[71] 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

[72] 发明人 陈文元 吴校生 赵小林 张卫平

[74] 专利代理机构 上海交大专利事务所

代理人 王锡麟 王桂忠

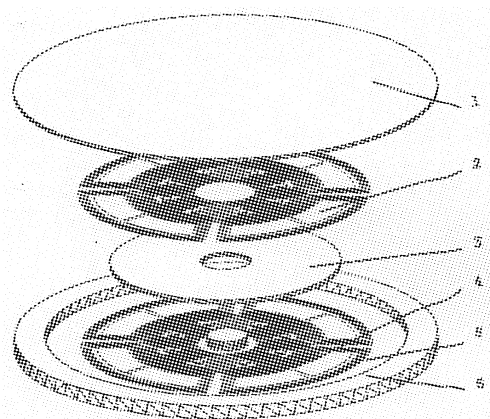
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 发明名称

双定子电磁悬浮转子微转动陀螺

[57] 摘要

一种双定子电磁悬浮转子微转动陀螺，属于机电系统技术领域。本发明包括：上基体、上定子、微转子、下定子、下基体、密封圈。微转子是一种导电圆环。上、下基体上采用光刻电镀方法制作的悬浮稳定线圈，传感电极，以及旋转线圈。除了在下定子上有微转子限位柱外，上定子的结构和下定子完全相同。激光加工方法制作的环形微转子采用导电性能好的材料制作而成。本发明提出的电磁悬浮转子微转动陀螺中引入了双定子结构，这种结构能增加微转子的旋转扭矩以及整个微陀螺系统的抗冲击能力，从而能提高测量精度，推广微陀螺的应用领域。



1、一种双定子电磁悬浮转子微转动陀螺，包括：上基体（1）、上定子（2）、微转子（3）、下定子（4）、下基体（5）、密封圈（6），其特征在于：上定子（2）设在上基体（1）上，和上基体（1）形成固定连接，下定子（4）在下基体（5）上，和下基体（5）形成固定连接，除了下定子（4）上有微转子限位柱（12）外，上定子（2）和下定子（4）完全相同，在下基体（5）的外缘设有密封圈（6），密封圈（6）和下基体（5）形成固定连接，密封圈（6）和上基体（1）通过键合形成固定连接，微转子（3）在上定子（2）、下定子（4）磁场电磁力的作用下稳定悬浮在上基体（1）、下基体（5）和密封圈（6）形成的封闭腔体内。

2、根据权利要求1所述的双定子电磁悬浮转子微转动陀螺，其特征是，在下定子（4）上，由外而内依次分布有稳定悬浮线圈外圈（8）、传感电极（7）、联接线（13）、稳定悬浮线圈内圈（9）、旋转线圈（10）、防粘着柱（11）、微转子限位柱（12）。

3、根据权利要求2所述的双定子电磁悬浮转子微转动陀螺，其特征是，旋转线圈（10）位于下定子（4）最靠近中心的位置，在圆周方向上呈对称分布，旋转线圈（10）的外径比环形微转子（3）的内径大，为了形成旋转磁场，相邻旋转线圈（10）电流相位差为 90° ，在每个旋转线圈（10）内部有防粘着柱（11），防粘着柱（11）比稳定悬浮线圈外圈（8）、稳定悬浮线圈内圈（9）、联接线（13）构成的稳定悬浮线圈及传感电极（7）高3到5个微米。

4、根据权利要求2或者3所述的双定子电磁悬浮转子微转动陀螺，其特征是，每个稳定悬浮线圈外圈（8）、联接线（13）及稳定悬浮线圈内圈（9）连接在一起，形成封闭的稳定悬浮线圈，稳定悬浮线圈共有4个，在圆周方向呈对称分布，稳定悬浮线圈位于下定子（4）的外侧，每个稳定悬浮线圈内部都有一对传感电极（7），它们和微转子（3）之间形成的电容值随微转子（3）的位置和姿态不同而变化，八个传感电极（7）形成四个检测电容检测微转子（3）的空间位置及姿态。

5、根据权利要求2或者3所述的双定子电磁悬浮转子微转动陀螺，其特征是，稳定悬浮线圈外圈（8）直径比微转子（3）的外径大，稳定悬浮线圈内圈

(9) 的直径比微转子 (3) 的外径小。

6、根据权利要求 1 或者 3 所述的双定子电磁悬浮转子微转动陀螺，其特征是，微转子 (3) 为一个环形导体，环形导体的外缘处于稳定悬浮线圈外圈 (8)、稳定悬浮线圈内圈 (9) 之间，环形导体的内径比旋转线圈 (10) 外径小。

双定子电磁悬浮转子微转动陀螺

技术领域

本发明涉及的是一种微机电系统技术领域的装置,具体是一种双定子电磁悬浮转子微转动陀螺。

背景技术

在过去的二十多年的时间里,国内外应用硅的表面微细加工技术或者体微细加工技术加工出了很多种微振动陀螺,但由于种种原因微振动陀螺很难达到传统陀螺的高精度。上世纪90年代,Shearwood等人提出了一种电磁悬浮微转动陀螺,电磁悬浮微转动陀螺是由平面线圈、感应电极和微转子等主要部分组成的,其中平面线圈根据其功能不同又分成悬浮线圈、旋转线圈和稳定线圈三种。电磁悬浮微转动陀螺是依靠电磁感应原理和电磁力理论得以悬浮和旋转的,平面线圈上方放有微转子,悬浮线圈位于最靠近中心的位置,紧靠悬浮线圈的是旋转线圈,旋转线圈可分为多相,微转子处于旋转磁场中,处于定子线圈最外围的是稳定线圈,定子线圈之间还分布着有传感电容电极。

经对现有技术的文献检索发现,美国专利号为:5955800,名称为:悬浮系统(Leivitation Systems)。该专利文中提到该系统是以下几个部分组成的:
a) 最大直径为 $1500\mu\text{m}$ 的高导电率体; b) 悬浮力产生装置; c) 使转子旋转的微型装置。在这种电磁悬浮微转动陀螺中采用单定子结构。单定子电磁悬浮微转动陀螺对微转子只提供水平方向上的电磁约束,在垂直方向上是在重力作用下形成约束,因此,在重力场作用下,单定子电磁悬浮微转动陀螺不能工作在倾斜或倒立状态。即使单定子电磁悬浮微转动陀螺工作在水平状态下能得到稳定旋转,但其抗干扰性能很差,一旦外界有些许的扰动,微转子就会失去平衡状态,这些不足限制了电磁悬浮微转动陀螺的应用领域。

检索中还发现,在杂志《Sensors and Actuators》(传感器与执行器)第83卷(2000年)85页的《Development of a levitated micromotor for application as a gyroscope》(用于陀螺中悬浮微马达的研究进展)文章中,

Shearwood 等人给出了单定子电磁悬浮微转动陀螺的研究成果。针对直径为 520 微米，厚度为 12 微米的转子，得到的最大转速为 1000 转每分。该转速远远达不到高精度微陀螺的要求。文中分析微转子转速不能进一步提高的原因之一是微转子旋转时存在偏心量，随着转速的提高，微转子的离心力增大，最终微转子在离心力的作用下被抛出，失去稳定的旋转。这是单定子电磁悬浮微转动陀螺固有的缺陷。

发明内容

本发明的目的在于克服现有技术中的不足，提供一种双定子电磁悬浮微转动陀螺，使其采用双定子三明治式结构，解决了背景技术的不足，能提高的测量精度。

本发明是通过以下技术方案实现的，本发明包括：包括：上基体、上定子、微转子、下定子、下基体、密封圈。上定子和下定子是对称结构，上定子设在上基体上，和上基体形成固定连接；下定子在下基体上，和下基体形成固定连接，除了下定子上有微转子限位柱外，上定子和下定子完全相同，在下基体的外缘设有密封圈，密封圈和下基体形成固定连接，密封圈和上基体通过键合形成固定连接，微转子上定子、下定子磁场电磁力的作用下稳定悬浮在上基体、下基体和密封圈形成的封闭腔体内。

在上、下定子上各分布有四个稳定悬浮线圈，稳定悬浮线圈在圆周方向上呈轴对称分布。稳定悬浮线圈磁场在微转子上下表面感应的磁场力使微转子稳定悬浮在腔体的中央。

在靠近上、下定子中心的位置上各有八个旋转线圈，每个旋转线圈都通有一定相位差的交流电，产生的旋转磁场使微转子旋转。

在每个悬浮稳定线圈的中都有两块传感电极，传感电极和微转子形成的差分电容用于微转子空间位置的检测。

在本发明结构中，微转子工作在上、下定子形成的空间磁场中，感应的电磁力将微转子“夹持”在腔体的中央，从而悬浮的微转子被控制在一定的高度，提高了微转子在高度方向上的抗冲击能力。随着稳定悬浮电流的增加，微转子在腔体中悬浮高度不会改变，但提高了微转子在高度和水平方向上的刚度，微转子的悬浮高度以及在竖直和水平方向上的刚度可以通过改变上下定子悬浮稳定线圈的电流大小进行调节。高的水平方向上的刚度有利于微转子旋转速度的提高。双

定子结构能大大增加旋转磁场产生的旋转扭矩,这是由于相比于单定子结构该结构增加了旋转线圈的数量,从而增加了旋转磁场的强度;另外,微转子被控制在很小的悬浮高度上,这能提高微转子的旋转扭矩。

现有的电磁悬浮微转动陀螺采用的都是单定子结构,这种微转动陀螺的微转子转动速度不高,抗冲击能力很差,因此还不能达到实用的水平。本发明提出的双定子电磁悬浮微转动陀螺通过上下定子磁场产生的电磁力限制了微转子在水平方向和竖直方向的自由度,增加了电磁悬浮转子微转动陀螺的抗冲击能力,使得电磁悬浮转子微转动陀螺能在很多领域得到应用,如军事武器的导航和制导、微纳卫星的姿态控制、虚拟现实等。

附图说明

图1为本发明总体结构示意图;

图2是本发明下定子三维视图;

图3是本发明旋转线圈、防粘着柱及转子限位柱的三维视图;

图4是图3结构的俯视图;

图5是本发明稳定悬浮线圈的三维视图;

图6是图5结构的俯视图;

图7是本发明微转子三维视图。

具体实施方式

如图1所示,本发明包括:上基体1、上定子2、微转子3、下定子4、下基体5、密封圈6。上定子2采用微细加工方法制作在上基体1上,和上基体1形成固定联接。下定子4采用微细加工方法制作在下基体5上,和下基体5形成固定联接。除了在下定子4上制作有微转子限位柱12外,下定子4的其他结构和上定子2完全相同。在下基体5的外缘采用微细加工方法制作有密封圈6,和下基体5形成固定联接。密封圈6和上基体1之间通过键合形成固定联接。微转子3在上定子2、下定子4磁场电磁力的作用下稳定悬浮在上基体1、下基体5和密封圈6形成的封闭腔体内。

如图2所示,在下定子4上,由外而内依次分布有稳定悬浮线圈外圈8、传感电极7、联接线13、稳定悬浮线圈内圈9、旋转线圈10、防粘着柱11、微转子限位柱12。

如图3、4所示,旋转线圈10位于下定子4最靠近中心的位置,本发明的示

例选用 8 个旋转线圈，在圆周方向上呈对称分布。旋转线圈 10 的外径要比环形微转子 3 的内径大。为了形成旋转磁场，相邻旋转线圈电流相位差为 90° 。在每个旋转线圈内部有防粘着柱 11，防粘着柱 11 比稳定悬浮线圈外圈 8、稳定悬浮线圈内圈 9、联接线 13 构成的稳定悬浮线圈及传感电极 7 高 3 到 5 个微米。当微陀螺停止工作时，防粘着柱 11 可以减小微转子 3 和下定子 4 之间的接触面积，可以防止微转子 3 粘着的发生。

如图 5、6 所示，每个稳定悬浮线圈外圈 8、联接线 13 及稳定悬浮线圈内圈 9 连接在一起，形成封闭的稳定悬浮线圈。稳定悬浮线圈共有 4 个，在圆周方向呈对称分布。稳定悬浮线圈位于下定子的外侧。稳定悬浮线圈外圈 8 直径比微转子的外径大，稳定悬浮线圈内圈 9 的直径比微转子的外径小。当在四个稳定悬浮线圈中通有相位和幅值相同的交变电流时，交变磁场在微转子中会感应出电磁力。微转子 3 中央感应出的电磁力接近轴对称分布，其合力竖直向上，克服微转子 3 的所受到的重力作用。微转子 3 外侧电磁力也为倾斜的，当微转子 3 没有偏心的时候，微转子 3 外侧电磁力也接近轴对称分布，不存在水平方向的分力。当微转子在水平方向相对上、下定子 2、4 中心有偏离时，由于微转子外侧电磁力不再呈对称分布，会产生水平方向上的分力，分力方向指向圆心，可防止微转子被抛出。每个稳定悬浮线圈内部都有一对传感电极 7，它们和微转子 3 之间形成的电容值随微转子 3 的位置和姿态不同而变化。八个传感电极 7 形成四个检测电容可以检测微转子 3 的空间位置及姿态。

除了没有微转子限位柱 12，上定子 2 的其他结构和下定子 4 完全相同。由于上、下定子 2、4 都会产生电磁力，微转子 3 在电磁力的作用下，不但能约束了在水平方向上的运动，同时也约束了在竖直方向上的运动，大大增加了抗冲击能力。

如图 7 所示，微转子 3 为一个环形导体。环形导体的外缘处于稳定悬浮线圈外圈 8、内圈 9 之间，环形导体的内径比旋转线圈 10 外径小。

稳定悬浮线圈和传感电极都是平面结构，材料一般采用导电性能较好的铜，采用光刻电镀微细加工方法制造。为了减小电磁能量的耗散，基体材料采用导磁性能较好的铁氧体。微转子限位柱 12 具有很大的高度，可以采用准 LiGA 或 LiGA 技术制造。微转子 3 的材料是导电性能较好的铜或铝，可以采用激光加工方法来制造。防粘着柱 11 可以通过沉积氧化铝图形化来实现。为了提供微转子 3 和基

体上导体间的绝缘，线圈或电极上都沉积有一层绝缘材料。

上定子 2 和下定子 4 上的悬浮稳定线圈中通有高频交流电以后，微转子 3 在其上下表面电磁力的作用下，稳定悬浮在上、下定子 2，4 组成的腔室中央。当在旋转线圈 10 中通有一定相位差的交流电后，稳定悬浮后的微转子 3 处在旋转磁场中，因此无机械约束的微转子 3 就会高速旋转，产生陀螺效应。高速转动微转子 3 的姿态角可以通过位于上下定子 2，4 上的传感电极 7 检测得到。

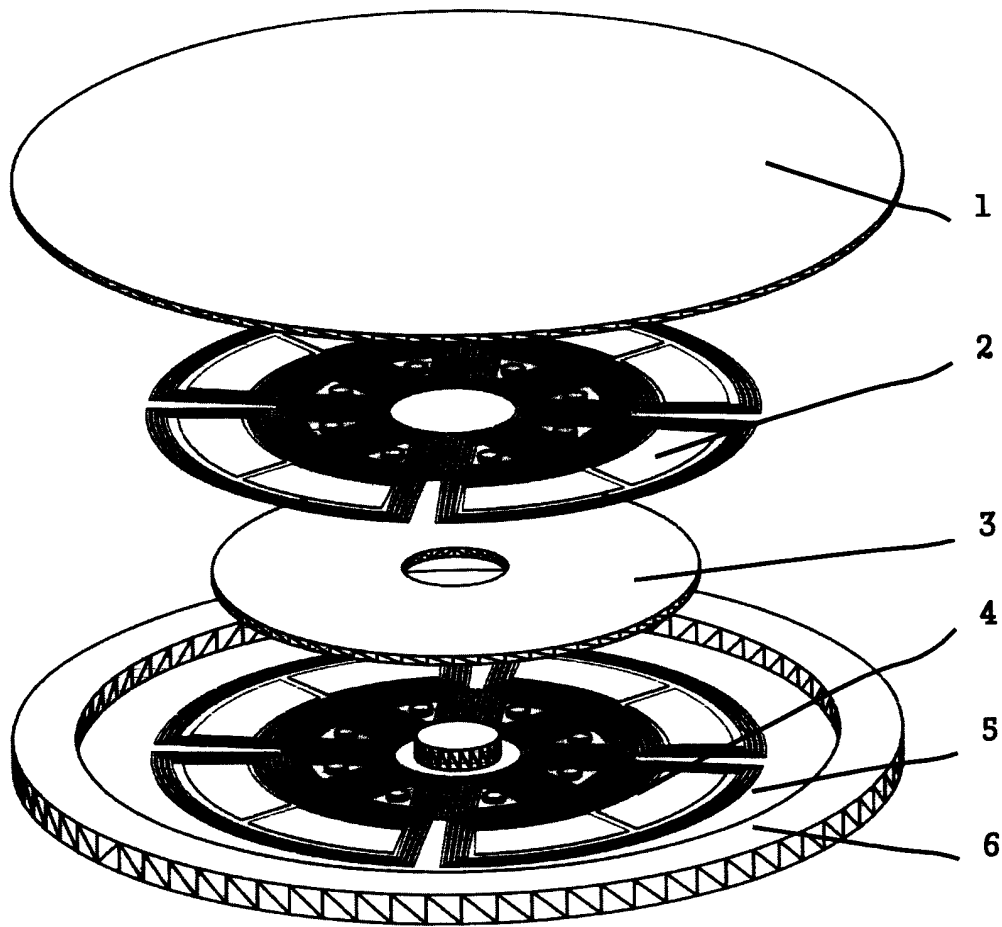


图 1

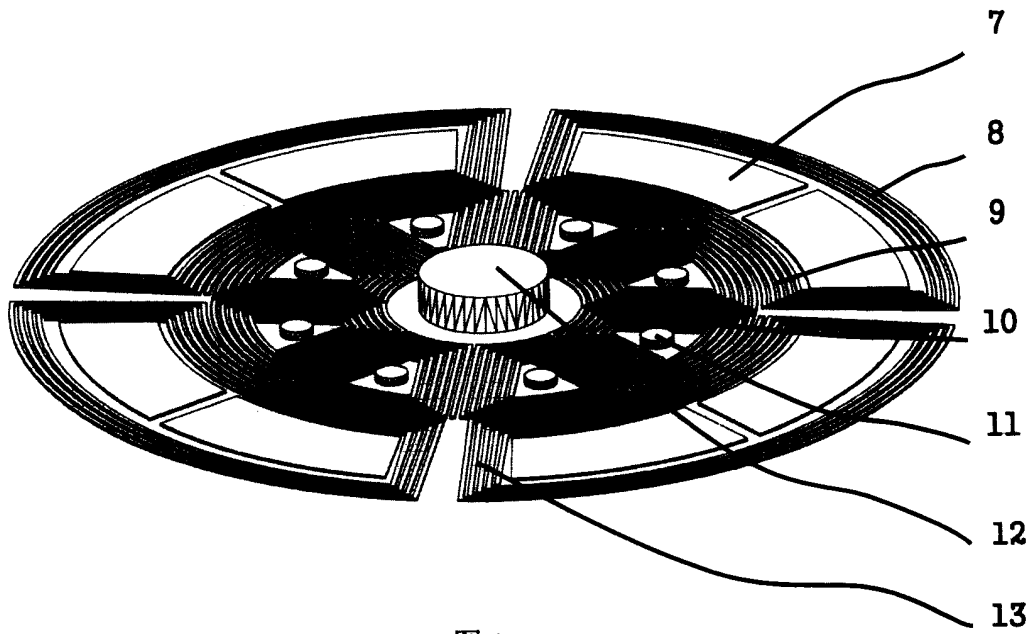


图 2

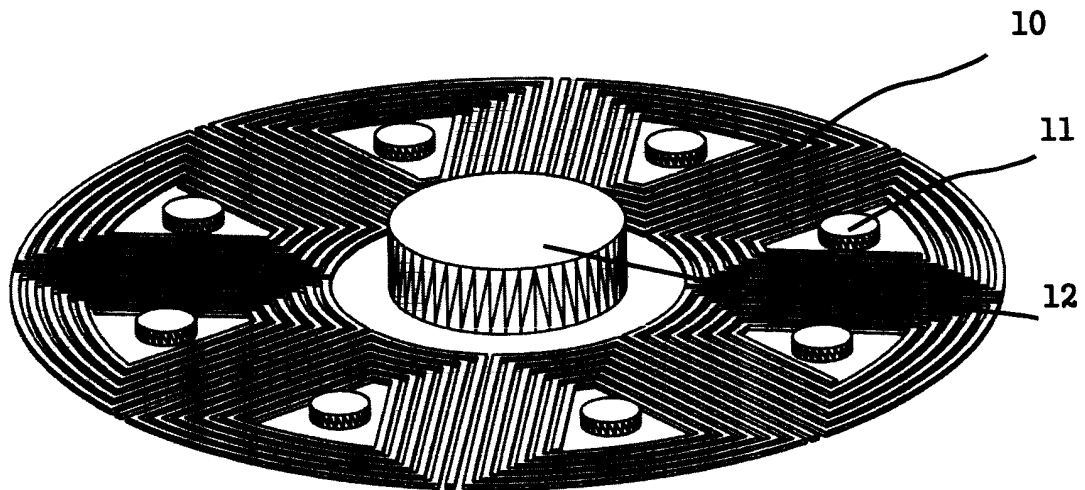


图 3

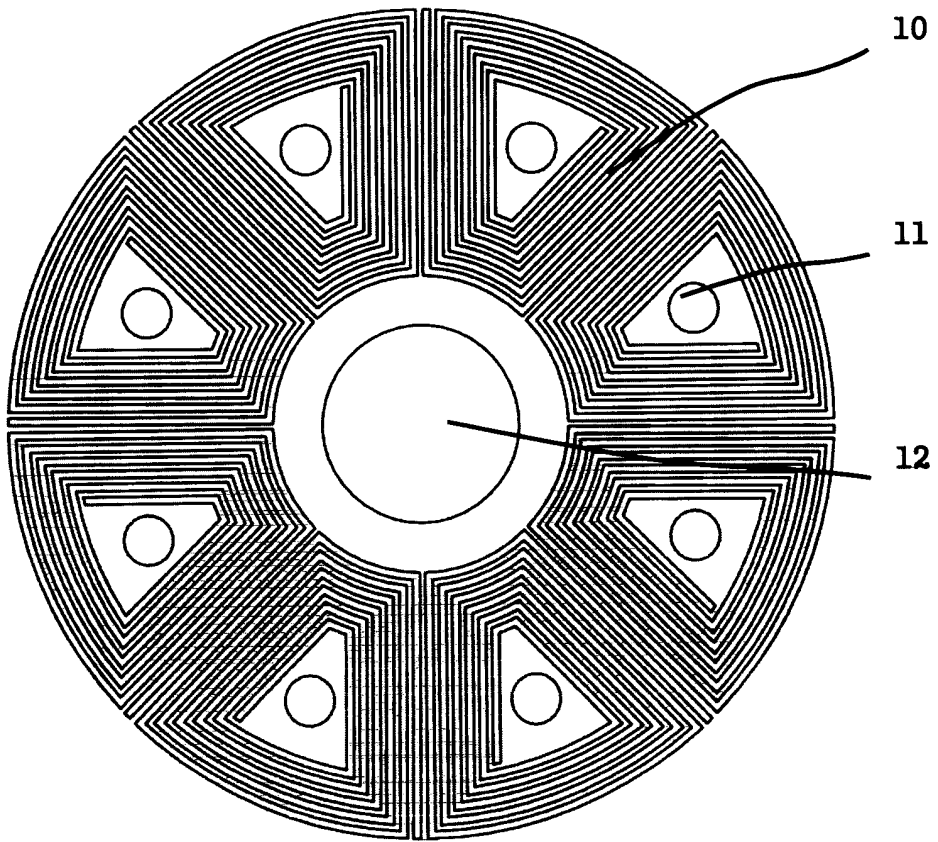


图 4

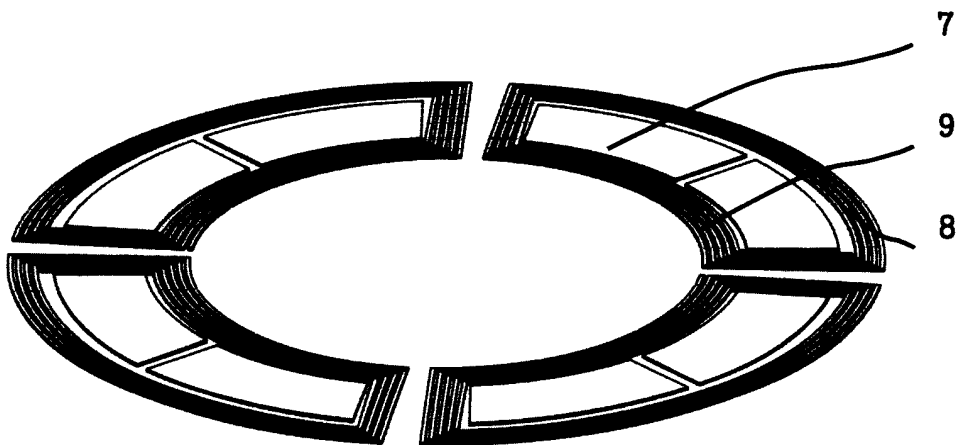


图 5

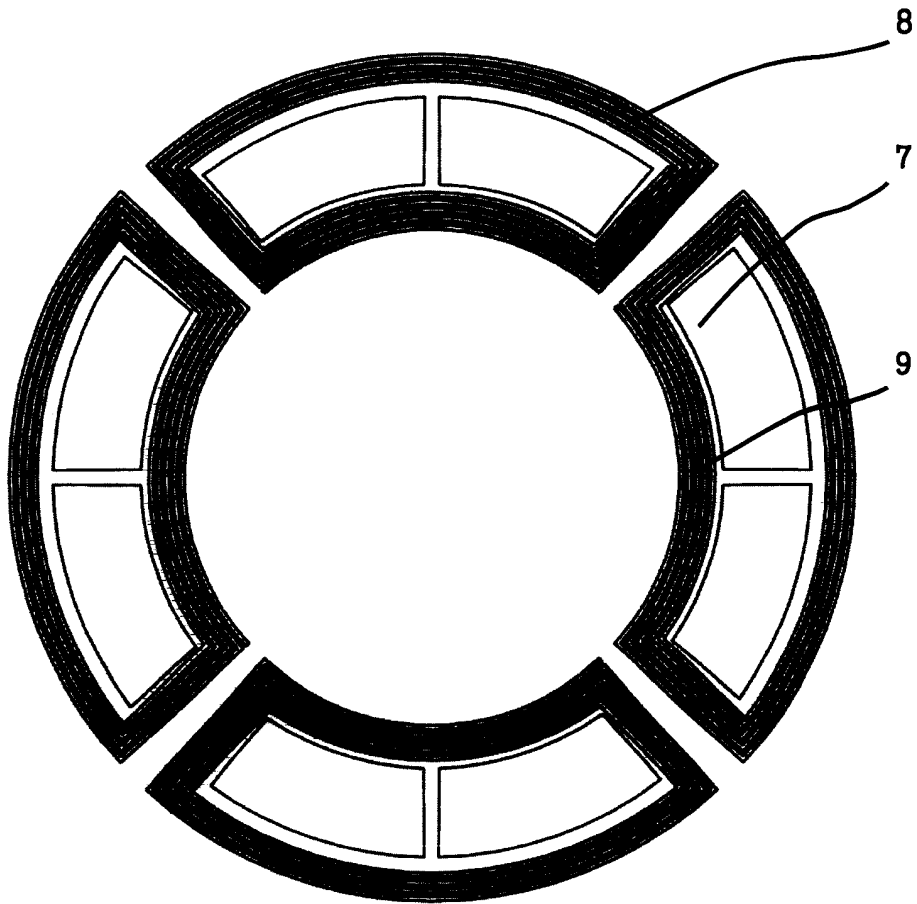


图 6

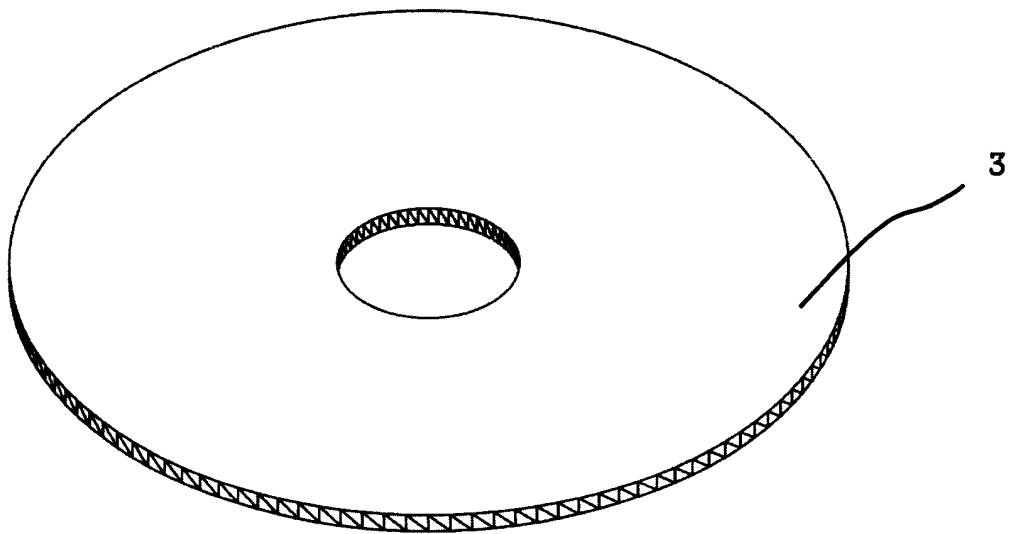


图 7