



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810187611.6

[43] 公开日 2009年5月27日

[11] 公开号 CN 101441093A

[22] 申请日 2008.12.29

[21] 申请号 200810187611.6

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路16号

[72] 发明人 刘长顺 韩旭东 盖竹秋 王增发

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 赵炳仁

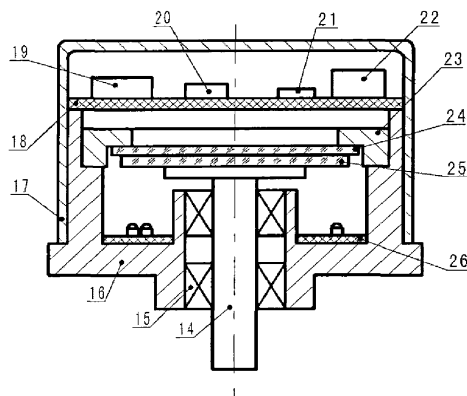
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

[54] 发明名称

具有十六位输出的微型绝对式编码器

[57] 摘要

本发明涉及一种用于光电检测技术领域中的具有十六位输出的微型绝对式编码器，包括主轴、轴套、外壳、八矩阵编码盘、狭缝、发光元件、光电接收器；所述八矩阵编码盘与主轴同心的固设在主轴的顶端上；发光元件是由设置在发光管电路板上的八只发光管构成，发光管电路板固设在轴套底端的凹槽内；狭缝通过狭缝座固定在轴套的上部台肩上，位于八矩阵编码盘的上方；数据处理板安装在轴套的顶端，处于狭缝座的上方；十六个光电接收器通过一数据处理板设置在轴套的顶端上；光电接收器与狭缝窗口的位置和数量相匹配，以接收从发光管发出而经过编码盘通光区与狭缝窗口通光区而得到的光信号。结构简单，调试方便，相同分辨力下，外形尺寸缩小了一倍多。



1. 一种具有十六位输出的微型绝对式编码器，包括主轴（14）、通过轴承（15）设置在主轴（14）上的轴套（16）、套设在轴套（16）上的外壳（17）、八矩阵编码盘（25）、狭缝（24）、发光元件、光电接收器、单片机（19）、接口芯片（20）、比较器（21）和稳压模块（22），其特征在于：所述八矩阵编码盘（25）与主轴（14）同心的固设在主轴（14）的顶端上；所述发光元件是由设置在发光管电路板（26）上的八只发光管（27~34）构成，发光管电路板（26）固设在轴套（16）底端的凹槽内；所述狭缝（24）通过狭缝座（23）座固定在轴套（16）的上部台肩上，位于八矩阵编码盘的上方；数据处理板安装在轴套的顶端，处于狭缝座的上方；拾陆个所述的光电接收器（35~50）通过一数据处理板（18）设置在轴套（16）的顶端上；所述光电接收器与狭缝窗口的位置和数量相匹配，以接收从发光管发出而经过编码盘通光区与狭缝窗口通光区而得到的光信号；

所述的稳压模块 22 的输出端与单片机（19）的输入端连接；所述的比较器（21）的输入端分别与第十五光电接收器（47）、第十六光电接收器（48）、第二光电接收器（49）、第三光电接收器（50）的输出端连接；比较器（21）的输出端与单片机（19）的输入端连接；第四光电接收器（35）、第五光电接收器（36）、第六光电接收器（37）、第七光电接收器（38）、第八光电接收器（39）、第九光电接收器（40）、第十光电接收器（41）、第十一光电接收器（42）、第十二光电接收管（43）第十三光电接收器（44）、第十四光电接收器（45）、第一光电接收器（46）的输出端分别与单片机（19）的输入端连接。

2. 根据权利要求 1 所述的具有十六位输出的微型绝对式编码器，其特征在于：所述的八矩阵编码盘（25）上刻有三圈码道，其第一圈码道有一半的通光区，起始角度为 90° ，终止角度为 270° ；第二圈码道按八象限的位置排

列,即在整个圆周上分为 $0^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 、 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 、 $90^{\circ}\sim 135^{\circ}$ 、 $135^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 、 $180^{\circ}\sim 225^{\circ}$ 、 $225^{\circ}\sim 270^{\circ}$ 、 $270^{\circ}\sim 315^{\circ}$ 、 $315^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 八个扇形区间,刻有七种不同周期的编码,在 $0^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 区域内刻制 1 条通光区,周期为 $360^{\circ}/2^3$,起始角度为 $360^{\circ}/2^5$; $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 区域内刻制 2 条通光区,周期为 $360^{\circ}/2^4$,起始角度为 $360^{\circ}/2^6$; $90^{\circ}\sim 135^{\circ}$ 区域内刻制 4 条通光区,周期为 $360^{\circ}/2^5$,起始角度为 $360^{\circ}/2^7$; $135^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 区域内刻制 8 条通光区,周期为 $360^{\circ}/2^6$,起始角度为 $360^{\circ}/2^8$; $180^{\circ}\sim 225^{\circ}$ 区域内刻制 16 条通光区,周期为 $360^{\circ}/2^7$,起始角度为 $360^{\circ}/2^9$; $225^{\circ}\sim 270^{\circ}$ 区域内刻制 32 条通光区,周期为 $360^{\circ}/2^8$,起始角度为 $360^{\circ}/2^{10}$; $270^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 区域内刻制 1 条通光区,周期为 $360^{\circ}/2^2$,起始角度为 $360^{\circ}/2^4$;第三圈码道为精码码道,是在整个圆周上刻有等间距的一千零二十四个通光区与不通光区, 0° 线穿过一个通光区的中心,通光与不通光区均为 $360^{\circ}/2^{11}$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的具有十六位输出的微型绝对式编码器,其特征在于:所述的狭缝(24)上刻有三圈编码,第一圈在 0° 、 45° 、 90° 和 135° 位置上依次刻有 a_1 、 a_2 、 a_3 和 a_4 四个单缝,读取八矩阵编码盘第一圈编码,且与第四、第六、第八、第十光电接收器(35、37、39、41)依次对应;第二圈在 0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、 315° 角度的 8 个位置上依次刻有 b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 、 b_5 、 b_6 、 b_7 和 b_8 八个单缝,读取八矩阵编码盘第二圈的编码,且与第五、第七、第九、第十一、第十二、第十三、第十四、第一光电接收器(36、38、40、42、43、44、45、46)依次相对应;第三圈设有 c_1 、 c_2 、 c_3 、 c_4 四个多缝窗口,与第十五、第十六、第二、第三光电接收器(47、48、49、50)依次相对应, c_1 和 c_2 分布在 22.5° 线两侧, c_1 与 0° 线成 49.658203125° 角, c_2 与 0° 线成 40.4296875° 角, c_3 和 c_4 分布在 0° 线两侧, c_3 与 0° 线成 4.482421875° 角, c_4 与 0° 线成 -4.39453125° 角。

具有十六位输出的微型绝对式编码器

技术领域

本发明属于光电检测技术领域涉及的一种具有十六位输出的微型绝对式光电角位移、角速度测量传感器。

背景技术

绝对式光电编码器是光电轴角编码器的一种类型，是一种具有代表性的角位移、角速度测量传感器，相比其它传感器，具有绝对位置计数，精度高，可靠稳定，受外界干扰小等优点。

然而，随着现代高科技的发展以及军工、科研等领域的需要，对光电轴角编码器小型化的要求越来越迫切。绝对式光电编码器小型化的最直接解决方法就是缩小八矩阵编码盘和狭缝的径向尺寸。但是，八矩阵编码盘与狭缝的尺寸缩小后，影响码道区域的有效宽度，就是说，如果要保证同样分辨力，那么码道数量就不变，只能减少各条码道的宽度，而码道宽度基本上是不变的，对尺寸的减小贡献很小；如果要保证码道宽度不变，只能是减少码道数量，这样会造成编码器的分辨力降低。所以，可以说编码器的分辨力与尺寸是一对很难解决的矛盾。当然，可以通过对八矩阵编码盘和狭缝编码重新设计优化，对结构采用合理的布局等一系列的措施来提高编码器的分辨力。

与本发明最为接近的已有技术是中科院长春光学精密机械与物理研究所于2004年申请的专利——《一种具有十三位码输出的空心轴绝对式矩阵编码器》，如图1所示：包括轴系、光学读数系统、壳体以及对外机械连接部件。轴系包括：空心主轴2、轴套12、轴承11；光电读数系统包括接收元件1、光电系统支架3、螺钉10、隔环6、狭缝盘7、八矩阵编码盘8、发光元件13；

壳体及对外机械连接部件包括：壳体 4、螺钉 5、法兰盘 12。该小型绝对式编码器输出十三位码，测角分辨力 $158''$ 。最小外形径向尺寸只能做到 $\phi 58\text{mm}$ ，分辨力不高，外形尺寸过大，仍无法满足特殊场合的应用，如导引头等。在这种情况下，设计一种微型绝对式光电编码器，以解决受限问题。

发明内容

为了克服迄今公开的技术存在的缺陷，本发明的目的在于缩小编码器的结构尺寸，提高测角分辨力，解决绝对式编码器小型化的需要，扩大编码器的应用和适用范围，提出一种具有十六位输出的微型绝对式编码器。

本发明具有十六位输出的微型绝对式编码器，包括主轴、通过轴承设置 在主轴上的轴套、套设在轴套上的外壳、八矩阵编码盘、狭缝、发光元件、光电接收器、单片机、接口芯片、比较器和稳压模块；所述八矩阵编码盘与 主轴同心的固设在主轴的顶端上；所述发光元件是由设置在发光管电路板上的八只发光管构成，发光管电路板固设在轴套底端的凹槽内；所述狭缝通过 狭缝座座固定在轴套的上部台肩上，位于八矩阵编码盘的上方；数据处理板 安装在轴套的顶端，处于狭缝座的上方；拾陆个所述的光电接收器通过一数 据处理板设置在轴套的顶端上；所述光电接收器与狭缝窗口的位置和数量相 匹配，以接收从发光管发出而经过编码盘通光区与狭缝窗口通光区而得到的 光信号；

所述的稳压模块的输出端与单片机的输入端连接；所述的比较器的输入 端分别与第十五光电接收器、第十六光电接收器、第二光电接收器、第三光 电接收器的输出端连接；比较器的输出端与单片机的输入端连接；第四光电 接收器、第五光电接收器、第六光电接收器、第七光电接收器、第八光电接 收器、第九光电接收器、第十光电接收器、第十一光电接收器、第十二光电 接收管第十三光电接收器、第十四光电接收器、第一光电接收器的输出端分 别与单片机的输入端连接。

本发明编码器，由于采用新型的编码方法和精心的结构设计，实现三圈输出十六位码，达到 20"的分辨力；结构简单，调试方便，成本低廉,相同分辨力下，比同类常规绝对式编码器外形尺寸缩小了一倍多，径向尺寸达到 $\phi 25\text{mm}$ ，而高度是不到 25mm，促进编码器向小型化、微型化发展,扩大了编码器的应用范围。

附图说明

图 1 是现有技术编码器的结构示意图；

图 2 是本发明编码器的结构示意图；

图 3 是本发明中所述发光管在发光管电路板上的布局结构示意图；

图 4 是本发明中所述光电接收器的电路板布局结构示意图；

图 5 是本发明中所述八矩阵编码盘的编码布局结构示意图；

图 6 是本发明中所述狭缝的编码布局结构示意图。

具体实施方式

以下结合附图给出的实施例对本发明编码盘结构作进一步详细说明。

参照图 2 至图 4，一种具有十六位输出的微型绝对式编码器，包括主轴 14、通过轴承 15 设置在主轴 14 上的轴套 16、套设在轴套 16 上的外壳 17、八矩阵编码盘 25、狭缝 24、发光元件、光电接收器、单片机 19、接口芯片 20、比较器 21 和稳压模块 22，其特征在于：所述八矩阵编码盘 25 与主轴 14 同心的固设在主轴 14 的顶端上；所述发光元件是由设置在发光管电路板 26 上的八只发光管 27~34 构成，发光管电路板 26 固设在轴套 16 底端的凹槽内；所述狭缝 24 通过狭缝座 23 座固定在轴套 16 的上部台肩上，位于八矩阵编码盘的上方；数据处理板安装在轴套的顶端，处于狭缝座的上方；拾陆个所述的光电接收器 35~50 通过一数据处理板 18 设置在轴套 16 的顶端上；所述光电接收器与狭缝窗口的位置和数量相匹配，以接收从发光管发出而经过编码盘通光区与狭缝窗口通光区而得到的光信号；

所述的稳压模块 22 的输出端与单片机 19 的输入端连接；所述的比较器 21 的输入端分别与第十五光电接收器 47、第十六光电接收器 48、第二光电接收器 49、第三光电接收器 50 的输出端连接；比较器 21 的输出端与单片机 19 的输入端连接；第四光电接收器 35、第五光电接收器 36、第六光电接收器 37、第七光电接收器 38、第八光电接收器 39、第九光电接收器 40、第十光电接收器 41、第十一光电接收器 42、第十二光电接收管 43 第十三光电接收器 44、第十四光电接收器 45、第一光电接收器 46 的输出端分别与单片机 19 的输入端连接。

如图 4 所示：对应第一发光管 27 的位置装有三个光电接收器：第一光电接收器 46、第二光电接收器 49、第三光电接收器 50，对应第二发光管 28 装有第四光电接收器 35、第五光电接收器 36，对应第三发光管 29 装有第六光电接收器 37、第七光电接收器 38，对应第四发光管 30 装有第八光电接收器 39、第九光电接收器 40，对应第五发光管 31 装有第十光电接收器 41、第十一光电接收器 42，对应第六发光管 32 装有第十二光电接收管 43，对应第七发光管 33 装有第十三光电接收器 44，对应第八发光管 34 装有三个光电接收器：第十四光电接收器 45、第十五光电接收器 47、第十六光电接收器 48。

编码系统由八矩阵编码盘 25 和狭缝 24 匹配构成的。参照图 5，所述的八矩阵编码盘 25 上刻有三圈码道，其第一圈码道有一半的通光区，起始角度为 90° ，终止角度为 270° ；第二圈码道按八象限的位置排列，即在整个圆周上分为 $0^\circ\sim 45^\circ$ 、 $45^\circ\sim 90^\circ$ 、 $90^\circ\sim 135^\circ$ 、 $135^\circ\sim 180^\circ$ 、 $180^\circ\sim 225^\circ$ 、 $225^\circ\sim 270^\circ$ 、 $270^\circ\sim 315^\circ$ 、 $315^\circ\sim 360^\circ$ 八个扇形区间，刻有七种不同周期的编码，在 $0^\circ\sim 45^\circ$ 区域内刻制 1 条通光区，周期为 $360^\circ/2^3$ ，起始角度为 $360^\circ/2^5$ ； $45^\circ\sim 90^\circ$ 区域内刻制 2 条通光区，周期为 $360^\circ/2^4$ ，起始角度为 $360^\circ/2^6$ ； $90^\circ\sim 135^\circ$ 区域内刻制 4 条通光区，周期为 $360^\circ/2^5$ ，起始角度为 $360^\circ/2^7$ ； $135^\circ\sim 180^\circ$ 区域内刻制 8 条通光区，周期为 $360^\circ/2^6$ ，起始角度为 $360^\circ/2^8$ ； $180^\circ\sim 225^\circ$ 区域内

刻制 16 条通光区，周期为 $360^\circ/2^7$ ，起始角度为 $360^\circ/2^9$ ； $225^\circ\sim 270^\circ$ 区域内刻制 32 条通光区，周期为 $360^\circ/2^8$ ，起始角度为 $360^\circ/2^{10}$ ； $270^\circ\sim 360^\circ$ 区域内刻制 1 条通光区，周期为 $360^\circ/2^2$ ，起始角度为 $360^\circ/2^4$ ；第三圈码道为精码码道，是在整个圆周上刻有等间距的一千零二十四个通光区与不通光区， 0° 线穿过一个通光区的中心，通光与不通光区均为 $360^\circ/2^{11}$ 。

参照图 6，所述的狭缝 24 上刻有三圈编码，第一圈在 0° 、 45° 、 90° 和 135° 位置上依次刻有 a_1 、 a_2 、 a_3 和 a_4 四个单缝，读取八矩阵编码盘第一圈编码，且与第四、第六、第八、第十光电接收器 35、37、39、41 依次对应；第二圈在 0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、 315° 角度的 8 个位置上依次刻有 b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 、 b_5 、 b_6 、 b_7 和 b_8 八个单缝，读取八矩阵编码盘第二圈的编码，且与第五、第七、第九、第十一、第十二、第十三、第十四、第一光电接收器 36、38、40、42、43、44、45、46 依次相对应；第三圈设有 c_1 、 c_2 、 c_3 、 c_4 四个多缝窗口，与第十五、第十六、第二、第三光电接收器 47、48、49、50 依次相对应， c_1 和 c_2 分布在 22.5° 线两侧， c_1 与 0° 线成 49.658203125° 角， c_2 与 0° 线成 40.4296875° 角， c_3 和 c_4 分布在 0° 线两侧， c_3 与 0° 线成 4.482421875° 角， c_4 与 0° 线成 -4.39453125° 角。

狭缝 24 与八矩阵编码盘 25 采用 K9 玻璃制作。八矩阵编码盘 25 用环氧树脂胶与主轴 14 端面胶和固连，随主轴 14 转动。狭缝 24 用环氧胶与狭缝座 23 固连。发光管 27~34 均采用 Honeywell 公司生产的 SE1407 光电发光管；光电接收管 35~50 均采用 Honeywell 公司生产的 SD2420-002 型光电二级管；接口芯片 20 采用的 MAX488ESA 双全工接口芯片；单片机 19 用 Silicon Laboratories 生产的 C8051F310 单片机。比较器 21 采用美国国家半导体公司生产的 LM2903，稳压模块 22 采用 AS1117M3.3。

本发明编码器的工作原理是：

八矩阵编码盘 25 随主轴 14 旋转，与狭缝 24 产生相互运动。发光管发出

的光经过八矩阵编码盘 25 的通光区时，透过狭缝 24 上的单缝或窗口，光电接收器接收到光信号，呈现高电平状态，有电信号输出；发光管发出的光照在八矩阵编码盘的不通光区，光电接收器没有接收到光信号，呈现出低电平，没有电信号输出，这样八矩阵编码盘上的编码随着主轴的旋转，不断地输出，记录编码器的角位移和绝对位置。

与狭缝 24 的第一圈单缝 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 相对应的光电接收器 35、37、39、41 接收到的光信号如表 1 所示： A_1 代表通光区高电平，空格代表不通光区低电平，处理成传统周期二进制码的关系为：

$$\begin{aligned} A_1 &= a_1; \\ A_2 &= a_3; \\ A_3 &= \overline{a_2} \cdot \overline{a_4}; \end{aligned}$$

与狭缝 24 的第二圈单缝 b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 、 b_5 、 b_6 、 b_7 和 b_8 相对应的光电接收器 36、38、40、42、43、44、45、46 接收到的光信号如表 2 所示，处理成传统周期二进制码的关系为：

$$\begin{aligned} A_4 &= b_1 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_3} + b_2 \cdot \overline{a_2} \cdot \overline{a_4} + b_3 \cdot a_1 \cdot \overline{a_3} + b_4 \cdot a_2 \cdot \overline{a_4} + b_5 \cdot a_1 \cdot a_3 + b_6 \cdot a_2 \cdot a_4 \\ &+ b_7 \cdot \overline{a_1} \cdot a_3 + b_8 \cdot \overline{a_2} \cdot a_4; \\ A_5 &= b_1 \cdot \overline{a_2} \cdot a_3 + b_2 \cdot \overline{a_3} \cdot a_4 + b_3 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_4} + b_4 \cdot a_1 \cdot \overline{a_2} + b_5 \cdot a_2 \cdot \overline{a_3} + b_6 \cdot a_3 \cdot \overline{a_4} \\ &+ b_7 \cdot a_1 \cdot a_4 + b_8 \cdot \overline{a_1} \cdot a_2; \\ A_6 &= b_1 \cdot \overline{a_1} \cdot a_2 + b_2 \cdot \overline{a_2} \cdot a_3 + b_3 \cdot \overline{a_3} \cdot a_4 + b_4 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_4} + b_5 \cdot a_1 \cdot \overline{a_2} + b_6 \cdot a_2 \cdot \overline{a_3} \\ &+ b_7 \cdot a_3 \cdot \overline{a_4} + b_8 \cdot a_1 \cdot a_4; \\ A_7 &= b_1 \cdot a_1 \cdot a_4 + b_2 \cdot \overline{a_1} \cdot a_2 + b_3 \cdot \overline{a_2} \cdot a_3 + b_4 \cdot \overline{a_3} \cdot a_4 + b_5 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_4} + b_6 \cdot a_1 \cdot \overline{a_2} \\ &+ b_7 \cdot a_2 \cdot \overline{a_3} + b_8 \cdot a_3 \cdot \overline{a_4}; \\ A_8 &= b_1 \cdot a_3 \cdot \overline{a_4} + b_2 \cdot a_1 \cdot a_4 + b_3 \cdot \overline{a_1} \cdot a_2 + b_4 \cdot \overline{a_2} \cdot a_3 + b_5 \cdot \overline{a_3} \cdot a_4 + b_6 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_4} \\ &+ b_7 \cdot a_1 \cdot \overline{a_2} + b_8 \cdot a_2 \cdot \overline{a_3}; \\ A_9 &= b_1 \cdot a_2 \cdot \overline{a_3} + b_2 \cdot a_3 \cdot \overline{a_4} + b_3 \cdot a_1 \cdot a_4 + b_4 \cdot \overline{a_1} \cdot a_2 + b_5 \cdot \overline{a_2} \cdot a_3 + b_6 \cdot \overline{a_3} \cdot a_4 \\ &+ b_7 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_4} + b_8 \cdot a_1 \cdot \overline{a_2}; \\ A_{10} &= b_1 \cdot a_1 \cdot \overline{a_2} + b_2 \cdot a_2 \cdot \overline{a_3} + b_3 \cdot a_3 \cdot \overline{a_4} + b_4 \cdot a_1 \cdot a_4 + b_5 \cdot \overline{a_1} \cdot a_2 + b_6 \cdot \overline{a_2} \cdot a_3 \\ &+ b_7 \cdot \overline{a_3} \cdot a_4 + b_8 \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_4}; \end{aligned}$$

与狭缝 24 的第三圈相对应的光电接收器 47、48、49、50 接收到的光信号相位依次相差 $1/4$ 个周期， c_1 与 c_3 、 c_2 与 c_4 分别进入差分放大器，进行差分处理后，送入单片机作细分处理。

表 1

	$0^\circ \sim 45^\circ$	$45^\circ \sim 90^\circ$	$90^\circ \sim 135^\circ$	$135^\circ \sim 180^\circ$	$180^\circ \sim 225^\circ$	$225^\circ \sim 270^\circ$	$270^\circ \sim 315^\circ$	$315^\circ \sim 360^\circ$
a1					A1	A1	A1	A1
a2				A1	A1	A1	A1	
a3			A1	A1	A1	A1		
a4		A1	A1	A1	A1			

表 2

	$0^\circ \sim 45^\circ$	$45^\circ \sim 90^\circ$	$90^\circ \sim 135^\circ$	$135^\circ \sim 180^\circ$	$180^\circ \sim 225^\circ$	$225^\circ \sim 270^\circ$	$270^\circ \sim 315^\circ$	$315^\circ \sim 360^\circ$
b1	A4	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
b2	A10	A4	A4	A5	A6	A7	A8	A9
b3	A9	A10	A4	A4	A5	A6	A7	A8
b4	A8	A9	A10	A4	A4	A5	A6	A7
b5	A7	A8	A9	A10	A4	A4	A5	A6
b6	A6	A7	A8	A9	A10	A4	A4	A5
b7	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A4	A4
b8	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A4

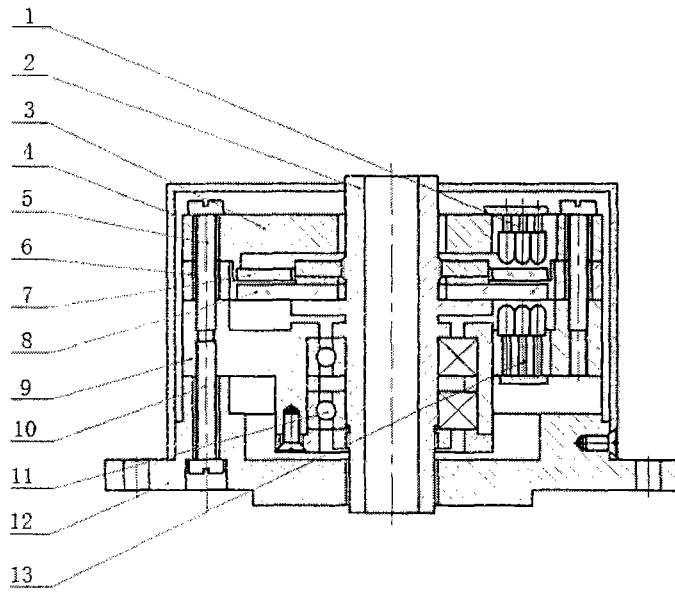


图 1

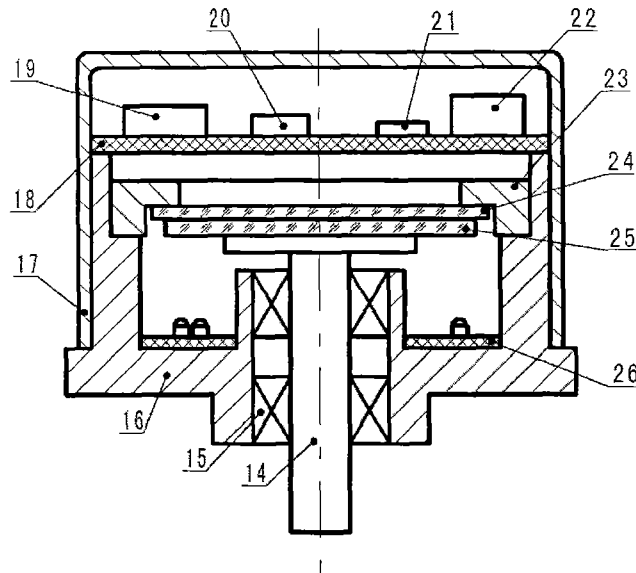


图 2

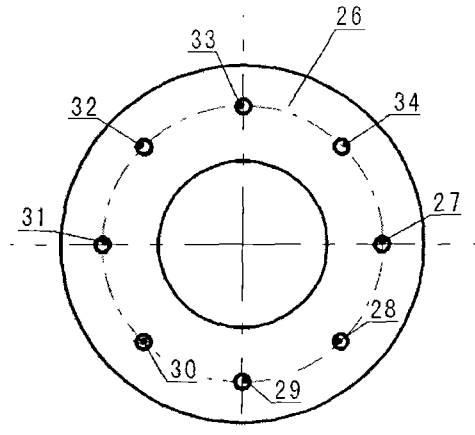


图 3

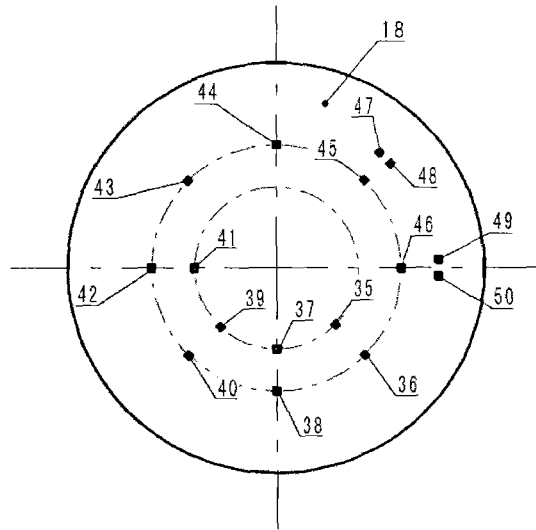


图 4

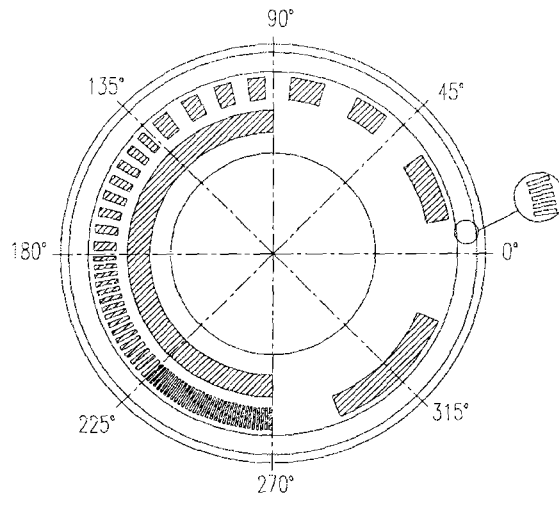


图 5

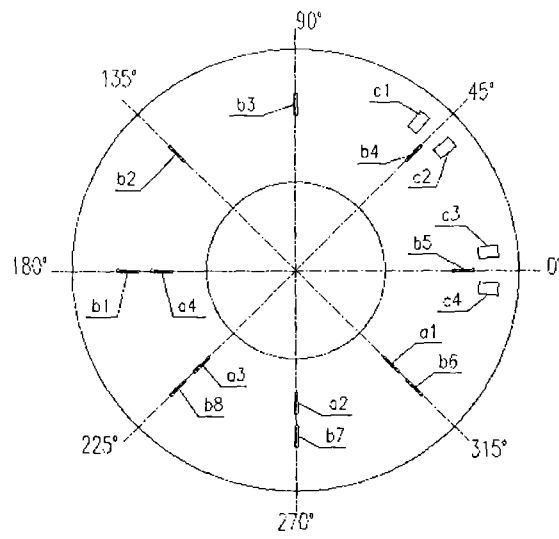


图 6