



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105675027 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201510880933. 9

(22) 申请日 2015. 12. 03

(30) 优先权数据

14196332. 2 2014. 12. 04 EP

(71) 申请人 赫克斯冈技术中心

地址 瑞士赫尔布鲁格

(72) 发明人 马塞尔·罗纳 I·贝德纳雷克

L·鲍曼 R·沃尔格南特

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 吕俊刚

(51) Int. Cl.

G01D 5/241(2006. 01)

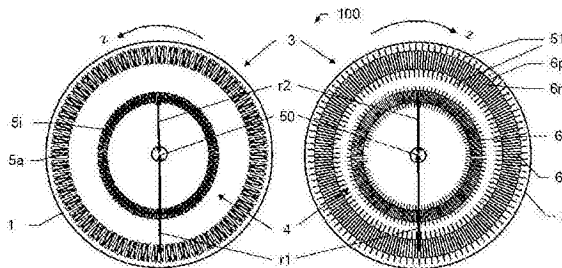
权利要求书6页 说明书15页 附图7页

(54) 发明名称

绝对电容式旋转编码器

(57) 摘要

绝对电容式旋转编码器。该绝对电容式旋转编码器 (100) 包括:相对于第二盘 (2) 可旋转的第一盘 (1)、第一传感器环 (3) 和第二传感器环 (4)。第一传感器环 (3) 和第二传感器环 (4) 各具有彼此电容耦合的多个第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 和多个第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n)。相应传感器环 (3、4) 的第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 具有不同耦合信号相 (R、S、T、U)。该第一传感器环 (3) 和该第二传感器环 (4) 按照能够绝对地确定角度的方式彼此匹配。



1. 一种绝对电容式旋转编码器 (100), 该旋转编码器 (100) 包括
 - 第一传感器环 (3) 和至少一个第二传感器环 (4), 所述第一传感器环 (3) 和所述至少一个第二传感器环 (4) 均包括
 - 多个第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U), 更具体地, 发射电极, 其以环形形状布置在第一盘 (1) 上并且径向对准, 更具体地, 该第一盘 (1) 为定子盘, 以及
 - 多个第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n), 更具体地, 接收电极, 以环形形状布置在第二盘 (2) 上并且径向对准, 更具体地, 该第二盘 (2) 为转子盘,
 - 其中
 - 相应传感器环 (3、4) 的所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 和所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 的环形宽度彼此匹配,
 - 所述第一盘 (1) 和所述第二盘 (2)
 - 共轴布置在测量轴 (50) 上, 彼此具有一定距离, 并且
 - 能够相对于彼此绕所述测量轴 (50) 旋转, 其中, 按照能够通过电容耦合在相应传感器环 (3、4) 的所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 和所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 之间发送时变耦合信号 (7) 的方式确定所述第一盘 (1) 与所述第二盘 (2) 之间的距离, 并且
 - 通过评估在所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 和所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 之间发送的两个传感器环 (3、4) 的耦合信号, 能确定绝对角度,
 - 相应传感器环 (3、4) 的所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 具有至少三个相互偏移的耦合信号相 (R、S、T、U), 更具体地, 分别偏移 $1/4$ 的四个耦合信号相, 其中
 - 基于耦合信号相 (R、S、T、U) 的数量定义的一个阿尔法间隔 (α),
 - 通过所述阿尔法间隔 (α) 预先确定所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 的结构,
 - 每个传感器环 (3、4) 具有为相应传感器环 (3、4) 的所有阿尔法间隔 (α) 的总和的阿尔法间隔总数 (N_1 、 N_2),
 - 所述第一传感器环 (3) 的第一阿尔法间隔总数 (N_1) 和所述第二传感器环 (4) 的第二阿尔法间隔总数 (N_2) 互质以确定绝对角度,
 - 所述第一传感器环 (3) 的所述第一耦合电极 (5a、5R-5U) 的顺序由第一相排列 (21) 定义, 并且所述第二传感器环 (4) 的所述第一耦合电极 (5i、5R-5U) 的顺序由第二相排列 (22) 定义, 使得
 - 通过所述第一相排列 (21), 所述第一传感器环 (3) 的相应一行环形相邻第一耦合电极 (5a、5R-5U) 形成对应于第一数量 (P_1) 个阿尔法间隔 (α) 的第一 P- 间隔 (8), 并且
 - 通过所述第二相排列 (22), 所述第二传感器环 (4) 的相应一行环形相邻第一耦合电极 (5i、5R-5U) 形成对应于第二数量 (P_2) 个阿尔法间隔 (α) 的第二 P- 间隔 (9、9a),
 - 所述第一传感器环 (3) 具有多个 (M_1 个) 相同第一 P- 间隔 (8), 并且所述第二传感器环 (4) 具有多个 (M_2 个) 相同第二 P- 间隔 (9、9a), 并且
 - 所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 被划分为至少两个相互交替类型 (n、p) 用于耦合信号 (7) 的差分信号评估, 其中, 在两种类型的情况下, 每个传感器环 (3、4) 上在环形方向上均间隔一个的第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 在每种情况下是同一类型 (n、p)。
2. 根据权利要求 1 的旋转编码器 (100), 其特征在于,
 - 在至少一个传感器环 (3、4) 的情况下, 每种类型 (n、p) 的扇区 (13a-13d) 的所述第二

耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 的所述耦合信号 (7) 逐个扇区聚集在一起, 其中

- 所述扇区 (13a-13d) 分布在整个传感器环 (3、4) 上, 更具体地, 均匀分布在整个传感器环 (3、4) 上, 并且

- 所述扇区 (13a-13d) 的数量至少是 3 个, 更具体地, 是 4 个,

使得通过对耦合信号 (7) 的扇区相关对比评估, 能够建立关于所述第一盘 (1) 和 / 或所述第二盘 (2) 的布置与相对于所述测量轴 (50) 的理想位置的偏差的信息, 具体地, 其中, 每种类型的第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 的数量是扇区 (13a-13d) 的数量的数学倍数。

3. 一种绝对电容式旋转编码器 (100), 该旋转编码器 (100) 包括

- 第一传感器环 (3) 和至少一个第二传感器环 (4), 所述第一传感器环 (3) 和所述至少一个第二传感器环 (4) 均包括

- 第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U), 更具体地, 发射电极, 其以环形形状布置在第一盘 (1) 上并且径向对准, 更具体地, 该第一盘 (1) 为定子盘, 以及

- 第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n), 更具体地, 接收电极, 其以环形形状布置在第二盘 (2) 上并且径向对准, 更具体地, 该第二盘 (2) 为转子盘,

其中

- 相应传感器环 (3、4) 的所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 和所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 的环形宽度彼此匹配,

- 所述第一盘 (1) 和所述第二盘 (2)

- 共轴布置在测量轴 (50) 上, 彼此具有一定距离, 并且

- 能够相对于彼此绕测量轴 (50) 旋转, 其中,

- 按照能够通过电容耦合在相应传感器环 (3、4) 的所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 和所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 之间发送时变耦合信号 (7) 的方式确定所述第一盘 (1) 与所述第二盘 (2) 之间的距离, 并且

- 通过评估在所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 和第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 之间发送的两个传感器环 (3、4) 的耦合信号, 能确定绝对角度,

- 所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 具有至少三个相互偏移的耦合信号相 (R、S、T、U), 更具体地, 分别偏移 90° 的四个耦合信号相, 其中

- 基于耦合信号相 (R、S、T、U) 的数量定义相应的一个阿尔法间隔 (α),

- 通过所述阿尔法间隔 (α) 预先确定所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 的结构,

- 每个传感器环 (3、4) 具有为相应传感器环 (3、4) 的所有阿尔法间隔 (α) 的总和的阿尔法间隔总数 (N_1 、 N_2),

- 所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 被划分为至少两个相互交替类型 (n、p) 用于差分信号评估, 其中, 每个传感器环 (3、4) 的在环形方向上分别间隔一个的第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 是同一类型 (n、p), 并且,

- 在至少一个传感器环 (3、4) 的情况下, 一种类型的扇区 (13a-13d) 的所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 的所述耦合信号 (7) 逐个扇区聚集在一起, 其中

- 所述扇区 (13a-13d) 分布在整个传感器环 (3、4) 上, 更具体地, 均匀分布在整个传感器环 (3、4) 上, 并且

- 所述扇区 (13a-13d) 的数量至少是 3 个, 更具体地, 是 4 个,

使得通过对来自不同扇区 (13a-13d) 的耦合信号 (7) 的扇区相关对比评估,能够建立关于所述第一盘 (1) 和 / 或所述第二盘 (2) 的布置与相对于所述测量轴 (50) 的理想位置的偏差的信息,具体地,其中,所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 的数量是所述扇区 (13a-13d) 的数量的数学倍数。

4. 根据权利要求 2 或 3 的旋转编码器 (100),其特征在于,

通过关于所述第一盘 (1) 和 / 或所述第二盘 (2) 的布置与相对于所述测量轴 (50) 的理想位置的偏差的信息,

- 能够补偿由所述第一盘 (1) 和 / 或所述第二盘 (2) 的布置与相对于所述测量轴 (50) 的理想位置的偏差造成的误差,更具体地,低频误差,和 / 或

- 能够确定所述第一盘 (1) 和 / 或所述第二盘 (2) 的布置与相对于所述测量轴 (50) 的理想位置的所述偏差。

5. 根据权利要求 2、3 或 4 的旋转编码器 (100),其特征在于,

相同类型 (n、p) 的所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 的所述耦合信号 (7) 被逐个扇区地分别在所述第一传感器环 (3) 和所述第二传感器环 (4) 二者中组合,更具体地,其中

- 所述第一传感器环 (3) 的扇区 (13a-13d) 的数量不同于所述第二传感器环 (4) 的扇区的数量,和 / 或

- 所述第一传感器环 (3) 的所述扇区 (13a-13d) 与第二传感器环 (4) 的扇区偏移布置,更具体地,在每个传感器环 (3、4) 分别 4 个扇区 (13a-13d) 的情况下,偏移 45° ,和 / 或

借助于以导电方式连接在第二盘 (2) 上的相应扇区 (13a-13d) 的相同类型 (n、p) 的第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n),逐个扇区地组合耦合信号 (7)。

6. 根据前述权利要求中任一项的旋转编码器 (100),其特征在于,

所述第一传感器环 (3) 的所述第一耦合电极 (5a、5R-5U) 的顺序和所述第二传感器环 (4) 的所述第一耦合电极 (5i、5R-5U) 的顺序以如下方式彼此匹配:这两个传感器环 (3、4) 的误差谱 (F1、F2) 中的弱点至少在所述误差谱 (F1、F2) 的多个部分中彼此补偿,更具体地,在所述误差谱 (F1、F2) 的相对高频和 / 或高频部分中彼此补偿,具体地,其中

- 为了补偿所述误差谱 (F1、F2) 的主线,所述第一阿尔法间隔总数 N_1 及其所有倍数不等于所述第二阿尔法间隔总数 N_2 及其所有倍数,和 / 或

- 所述误差谱 (F1、F2) 的二次线同样彼此补偿,具体地,其中,这两个传感器环 (3、4) 的所述误差谱 (F1、F2) 彼此正交,和 / 或

- 以能够补偿高谐波误差分量的方式实现所述信号评估。

7. 根据前述权利要求中任一项的旋转编码器 (100),其特征在于

针对所述第一传感器环 (3) 和 / 或所述第二传感器环 (4),所述第一盘 (1) 和所述第二盘 (2) 具有用于在所述第一盘 (1) 和所述第二盘 (2) 之间发送耦合信号 (7) 的传送电极 (14n、14p、15n、15p),其中

- 针对每个传感器环 (3、4),对于每种类型 (n、p) 的第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n),每个盘 (1、2) 具有至少一个传送电极 (14n、14p、15n、15p),

- 所述第一盘 (1) 或所述第二盘 (2) 的每个传送电极 (14n、14p、15n、15p) 以导电方式连接到至少一个第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 或第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n),并且

- 所述第一盘 (1) 的传送电极 (15n、15p) 电容耦合到所述第二盘 (2) 的相同传感器环

(3,4) 的且相同类型 (n,p) 的传送电极 (14n,14p),更具体地,其中

- 在 360° 角度范围上延伸的环形传送电极 (14n,14p,15n,15p) 具有用于避免电环流的电绝缘断口,和 / 或

- 为了与偏心有关的鲁棒性,所述第一盘 (1) 和所述第二盘 (2) 的相互耦合传送电极 (14n,14p,15n,15p) 的径向范围彼此不同。

8. 根据回引权利要求 2 或 3 的权利要求 7 的旋转编码器 (100),其特征在于,

为了逐个扇区地组合所述耦合信号 (7),借助于针对每个扇区 (13a-13d) 和传感器环 (3,4),对于每个类型 (n,p) 的第二耦合电极 (6a,6i,6p,6n),所述第一盘 (1) 分别具有一个传送电极 (14n,14p),通过所述传送电极 (14n,14p) 逐个扇区组合耦合信号 (7),更具体地,其中,所述第二盘 (2) 的传感器环 (3,4) 的每个传送电极 (15n,15p) 按导电方式连接到相同类型 (n,p) 的环形相邻第二耦合电极 (6a,6i,6p,6n) 的序列 (6n,16p),其中,具体地,这种序列的环形范围对应于第一 P- 间隔或第二 P- 间隔 (8,9,9a) 的环形范围。

9. 根据权利要求 2 或 3 的旋转编码器 (100),其特征在于,

针对至少一个传感器环 (3,4),所述旋转编码器 (100) 具有用于差分信号评估的至少第一信号换能器和第二信号换能器,更具体地,模数转换器 (ADC1、ADC2),这些信号换能器分别直接或间接连接到至少一个扇区 (13a-13d) 且一种类型 (n,p) 的第一耦合电极或第二耦合电极 (6a,6i,6p,6n),其中,通过开关,按逐个扇区和逐个类型方式,所述第二耦合电极 (6a,6i,6p,6n) 的所述连接能够从所述第一信号换能器互换到所述第二信号换能器,或从所述第二信号换能器互换到所述第一信号换能器。

10. 根据前述权利要求中任一项的旋转编码器 (100),其特征在于,

为了与所述第一盘 (1) 和 / 或所述第二盘 (2) 的偏心有关的鲁棒性,所述第一耦合电极 (5a,5i,5R-5U) 的径向范围不同于与其耦合的所述第二耦合电极 (6a,6i,6p,6n) 的径向范围,更具体地,其中,所述第二耦合电极 (6a,6i,6p,6n) 的所述径向范围大于所述第一耦合电极 (5a,5i,5R-5U) 的所述径向范围,

和 / 或

所述第一耦合电极 (5a,5i,5R-5U) 和 / 或所述第二耦合电极 (6a,6i,6p,6n) 被至少一个电屏蔽保护电极 (17) 围绕,更具体地,被所述至少一个电屏蔽保护电极 (17) 的环围绕,

和 / 或

所述第一耦合电极 (5a,5i,5R-5U) 和 / 或所述第二耦合电极 (6a,6i,6p,6n) 以所述第一盘 (1) 相对于所述第二盘 (2) 的旋转产生电容耦合的正弦曲线的方式形成,并且直接相邻的第一耦合电极 (5a,5i,5R-5U)

- 按相反径向方式对准,并且

- 以如下不同方式形成:直接相邻的所述第一耦合电极 (5a,5i,5R-5U) 的由相反对准导致的不同径向位置被补偿。

11. 一种用于确定根据权利要求 1 的旋转编码器 (100) 的角度的方法,该方法包括以下步骤:

- 利用时变耦合信号 (7) 对所述第一耦合电极 (5a,5i,5R-5U) 或所述第二耦合电极 (6a,6i,6p,6n) 进行致动,

- 对在所述第一耦合电极 (5a,5i,5R-5U) 和所述第二耦合电极 (6a,6i,6p,6n) 之间发

送的所述耦合信号 (7) 进行差分信号评估,

- 借助于作为第一阿尔法间隔总数 (N1) 和第二阿尔法间隔总数 (N2) 互质的结果,通过对所述第一传感器环 (3) 和所述第二传感器环 (4) 的所述耦合信号 (7) 的差分信号评估,来解决对单个传感器环 (3、4) 的耦合信号 (7) 的所述差分信号评估出现的模糊性来绝对地确定角度。

12. 根据权利要求 11 的方法,其特征在于

按以下方式执行所述信号评估:基于来自所述第一传感器环 (3) 的耦合信号 (7),补偿所述第二传感器环 (4) 的所述误差谱 (F2) 的多个部分中的弱点,更具体地,相对高频和/或高频部分中的弱点,和/或,基于来自所述第二传感器环 (4) 的耦合信号 (7),补偿所述第一传感器环 (3) 的所述误差谱 (F1) 的多个部分中的弱点,更具体地,相对高频和/或高频部分中的弱点,更具体地,其中,在所述信号评估期间考虑信号幅值,结果,所述第一盘和所述第二盘上的所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 和/或所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 的形式或位置与理想形式或理想位置的偏差被补偿。

13. 用于根据权利要求 2 或 3 的旋转编码器 (100) 的根据权利要求 11 或 12 所述的方法,该方法包括以下步骤:

- 利用时变的耦合信号 (7) 对所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 或第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 进行致动,

- 对所述耦合信号 (7) 进行差分信号评估,

- 基于在所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 和第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 之间发送的来自两个传感器环 (3、4) 的所述耦合信号 (7) 来绝对地确定角度,

- 通过来自不同扇区 (13a-13d) 的耦合信号 (7) 的对比评估,补偿由于所述第一盘 (1) 和/或所述第二盘 (2) 相对于测量轴 (50) 与理想位置的布置偏差造成的误差,更具体地,低频误差,和/或

- 确定所述第一盘 (1) 和/或所述第二盘 (2) 相对于测量轴 (50) 与理想位置的布置偏差。

14. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法,其特征在于,通过时间复用,

- 在针对不同耦合信号相 (R、S、T、U) 具有相互时间偏移的情况下,利用时变耦合信号 (7) 对相应传感器环 (3、4) 的所述第一耦合电极 (5a、5i、5R-5U) 或所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 进行致动的步骤被执行,和/或

- 在与利用来自所述第二传感器环 (4) 的时变耦合信号 (7) 对所述第一耦合电极 (5i、5R-5U) 或所述第二耦合电极 (6i、6p、6n) 进行致动有时间偏移的情况下,利用来自所述第一传感器环 (3) 的时变耦合信号 (7) 对所述第一耦合电极 (5a、5R-5U) 或所述第二耦合电极 (6a、6p、6n) 进行致动的步骤被执行。

15. 根据前述权利要求中的任一项所述的、用于根据权利要求 2 或 3 的旋转编码器的方法,其特征在于

借助于以下方式独立地读出每个扇区 (13a-13d)

- 来自每个扇区 (13a-13d) 的所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 的组合耦合信号 (7) 被施加到单独的信号换能器,更具体地,被施加到模数转换器,或

• 来自不同扇区 (13a-13d) 的所述第二耦合电极 (6a、6i、6p、6n) 的组合耦合信号 (7) 通过时间复用被有时间偏移地施加到公共的信号换能器, 更具体地, 被施加到模数转换器, 更具体地, 其中, 通过开关对耦合信号 (7) 的组合按照可互换的逐个扇区和逐个类型的方式执行。

16. 一种存储在机器可读介质上的计算机程序产品或通过电磁波实施的计算机数据信号, 其包括适于执行根据权利要求 11-15 中的任一项所述的方法的程序代码。

绝对电容式旋转编码器

技术领域

[0001] 本发明涉及根据权利要求 1 和 13 的前序的绝对电容式旋转编码器、根据权利要求 11 的使用相同旋转编码器确定角度的方法、以及根据权利要求 16 的相同计算机程序产品。

背景技术

[0002] 旋转编码器已在非常不同的实施方式中被熟知多年。它们不仅用于机械和设备工程,而且用于非常不同的测量仪器,例如用于大地测量仪器、坐标测量机器或机器人。在其应用中解决的问题在于确定两个相互可旋转子系统之间的位置角或从其导出的对应变量,例如速度或加速度。

[0003] 举例而言,这种角度测量系统用于坐标测量机器(诸如,例如关节臂)中以建立各个关节中的角位置,随后根据该角位置计算附接在臂端部的感测元件的空间位置。

[0004] 这种角度测量系统还安装在大地测量仪器中,诸如例如经纬仪或全站仪,通过其执行非常不同的测量问题,诸如例如确定水平角和垂直角。

[0005] 此外,这种旋转编码器还能在安装和机器中找到,用于登记诸如驱动器、旋转头、蝶形阀、旋转台等机器组件的位置。处理中登记的位置可以用于测量目的、或者用于通过具有位置控制回路的驱动器定位组件的位置值。

[0006] 旋转编码器具有绕测量轴沿着一个自由度相对于彼此可移动的两个单元,例如定子盘和转子盘。通过来自附接在第二单元处的扫描单元的扫描信号整体或部分扫描第一单元,获得关于这两个单元相对于彼此的角位置的信息。原则上,采用不同的物理操作原理(诸如,例如光学或电容式扫描)用于扫描处理。这里,电容式旋转编码器相比于可对比的光学旋转编码器具有较低功耗和成本上较有效的设计。

[0007] 已知增量和绝对旋转编码器。具有对角度的增量确定的系统的缺点是在角度测量系统的每一次重启之后必须再次找零位或基准位置。相比之下,绝对旋转编码器对于相对于彼此可旋转的子系统的各个相对位置生成明显可区分的扫描信号。结果,相应的相对位置可以直接与唯一角度关联,即,不需要达到基准或初始位置。

[0008] 在实际中,由于制造容差、安装容差或老化现象,与相对于彼此可旋转的旋转编码器的两个子系统或单元的理想位置或理想对准存在偏差,在没有对应的补偿测量的情况下这些偏差造成确定旋转角度时的误差。举例而言,这些偏差是转子盘和/或定子盘的偏心、变形或倾斜,这例如导致盘之间的轴距离的不规则曲线,或位置代码的不精确。在电容式旋转编码器的情况下,这尤其是导致由于定子盘与转子盘之间的电容耦合的不经意改变引起的测量误差。除了上面提到的误差源,其它误差源包括例如非理想扫描信号、信号串扰或外部干扰信号。这些测量误差和伴随此的对测量精度的不利影响是光学旋转编码器实际上优于要以高精度确定角度的机器或测量仪器的原因,尽管存在以上提到的较高的功耗和制造成本。

[0009] US 6940278 B2 公开了一种电容式旋转编码器,其包括具有发射电极的定子单元和具有以环形(circular)方式布置的接收电极的转子盘。使用 AC 电压用不同相对发射电

极致动,因此通过电容耦合根据定子单元相对于转子盘的相对角度位置,AC 电压信号发射到接收电极,结果,可以根据接收电极接收的信号确定位置角度。在一些实施方式中角度的绝对确定是可能的。为此,该旋转编码器具有由以电容方式彼此耦合的电极制成的附加电容单元。这些电极以在完整圆圈内唯一可粗略确定角度的方式布置或用 AC 电压致动,结果,能绝对地定位具有高分辨率的增量测量值。为了补偿制造造成的误差(诸如电极几何形状中的偏心、倾斜或误差),根据 US 6940278 B2,利用了差分几何补偿,其目的是通过用不同增益的测量信号相互抵消这些误差。为此,旋转编码器例如具有附加定子单元,其相对于另一定子单元偏移 180° ,或者定子单元延伸以形成覆盖 360° 的整个圆的定子盘。根据 US 6940278 B2 的旋转编码器的缺点是对以上提到的误差的补偿却对于与确定角度有关的高精度需求不足。此外,另一个缺点是不考虑原理上通过差分补偿不可补偿的另外的误差源(诸如电子或转子盘的变形);换句话说,仅补偿了误差谱的一小部分。

发明内容

[0010] 因此本发明的目的包括提供改进的绝对电容式旋转编码器。

[0011] 本发明的另一目的包括提供具有改进的误差自补偿的绝对电容式旋转编码器。

[0012] 本发明的另一目的包括提供补偿误差谱的低频以及相对高和低频分量二者的绝对电容式旋转编码器。

[0013] 本发明的另一目的包括提供对于这种旋转编码器确定角度的方法。

[0014] 根据本发明,通过独立权利要求的特征部分特征并且通过从属权利要求中的特征分别实现这些目的,并且开发这些方案。

[0015] 本发明涉及绝对电容式旋转编码器。该旋转编码器具有第一盘,例如定子盘,以及第二盘,例如转子盘,作为以一个自由度绕一个测量轴相对于彼此可移动的两个单元。该旋转编码器另外包括传感器环,该传感器环具有多个第一耦合电极,更具体地,发射电极,其以环形形状布置在第一盘上并且径向对准,并且该传感器环具有多个第二耦合电极,更具体地,接收电极,其以环形形状布置在第二盘上并且径向对准。根据本发明,除了第一传感器环,旋转编码器还包括至少一个第二传感器环,如同第一传感器环,该至少一个第二传感器环同样具有多个第一耦合电极,更具体地,发射电极,其以环形形状布置在第一盘上并且径向对准,并且该至少一个第二传感器环具有多个第二耦合电极,更具体地,接收电极,其以环形形状布置在第二盘上并且径向对准。每个传感器环的第一耦合电极和第二耦合电极的环形宽度彼此匹配,其中,发射电极或接收电极的环形宽度理解为环形方向上的平均最大值或平均范围。

[0016] 第一盘和第二盘共轴布置在测量轴上,彼此具有一定距离,并且能相对于彼此绕测量轴旋转,其中,按照通过电容耦合能在相应传感器环的第一耦合电极和第二耦合电极之间发送时变耦合信号的方式确定第一盘与第二盘之间的距离。为了对在第一耦合电极和第二耦合电极之间发送的耦合信号的差分信号评估,第二耦合电极优选细分为两个相互相反类型,即,每一个第二耦合电极携带例如正耦合信号、或与之相反负耦合信号。这里,每个传感器环的分别间隔 1 个的第二耦合电极属于相同类型,即在环形方向上彼此直接相邻的相应传感器环的第二耦合电极彼此互为相反。

[0017] 相应传感器环的第一耦合电极具有至少三个定义的不同耦合信号相。这里,借助

于使用具有不同相的耦合信号,或者通过第一耦合电极的实施方式或几何形状,耦合信号相合并信号的一部分上。耦合信号相彼此偏移,当使用 4 个相时,耦合信号相彼此偏移优选为 90° 或相长度的 $1/4$ 。

[0018] 基于耦合信号相的数量定义第一阿尔法间隔。第一耦合电极的结构在每个传感器环上通过该阿尔法间隔预先确定。每个传感器环具有沿该传感器环的多个阿尔法间隔,使得第一传感器环具有为沿第一传感器环的所有阿尔法间隔的数量的第一阿尔法间隔总数,第二传感器环具有为沿第二传感器环的所有阿尔法间隔的数量的第二阿尔法间隔总数,该第一阿尔法间隔总数和该第二阿尔法间隔总数分别大于 1。

[0019] 为了能够基于旋转编码器的整个测量区域(例如,整个环形)上的两个传感器环唯一(即,绝对)确定角度,第一阿尔法间隔总数和第二阿尔法间隔总数是互质的。因此,每个传感器环具有多个第一耦合电极,其布置根据阿尔法间隔沿相应的传感器环构造,其中,如此构造的第一耦合电极的顺序沿相应的传感器环重复,使得就其本身而言,各传感器环仅适于模糊增量角度确定。然而,根据本发明,通过关于阿尔法间隔总数的彼此匹配的传感器环的组合消除这种模糊性。因此,能根据对在两个传感器环的第一耦合电极和第二耦合电极之间发送的耦合信号的信号评估绝对地确定角度,使得本发明提供绝对电容式旋转编码器。

[0020] 沿第一传感器环的第一耦合电极的顺序由第一相排列定义,使得第一传感器环的一行环形相邻第一耦合电极形成第一相排列间隔,下面简称为 P- 间隔,并且第一传感器环具有数量 M_1 个相同第一 P- 间隔。同样类似地应用于第二传感器环:沿第二传感器环的第一耦合电极的顺序由第二相排列定义,使得相应地一行环形相邻第二耦合电极形成第二 P- 间隔并且第二传感器环具有数量 M_2 个相同第二 P- 间隔。依赖于实施方式,数量 M_1 和 M_2 通常位于一位数字至两位数字范围中。这里,如果在现有技术(例如 US 6940278 B2)中,相排列理解为意指以下原理:第一耦合电极的顺序,相比于最简单可能性的相顺序(其中相应环形直接相连第一耦合电极具有相应直接下一个耦合信号相),在对应于 P- 间隔的整个部分上修改耦合信号相的顺序,同时保持耦合信号相在整个耦合电极行上的相同分布。这种行也称为 P- 间隔,沿传感器环连续重复,结果,传感器环的所有第一耦合电极以数个 P- 间隔来布置。优选地,在这种情况下相应的传感器环具有彼此偏移的 4 个相。每个传感器环的相同类型的第二耦合电极的数量可选地与 P- 间隔的数量匹配;准确地讲,相同类型的第二耦合电极的数量是第一 P- 间隔的数量 M_1 的数学意义上的多倍或第二 P- 间隔的数量 M_2 的倍数。优选地,每个传感器环的相同类型的第二耦合电极的数量等于相应传感器环的阿尔法间隔总数。

[0021] 在根据本发明的旋转编码器的发展中,扇区的每种类型的第二耦合电极的耦合信号逐个扇区聚集在一起,结果,相对于耦合信号,将第一传感器环和/或第二传感器环细分为至少 3 个扇区,例如,4 个扇区(象限)或 8 个扇区。扇区分布在整个传感器环上,即,相对于耦合信号,相关传感器环被完全细分为扇区。通过将每种情况下至少两个扇区中放在一起的耦合信号相互比较来评估耦合信号,结果,可建立关于第一盘和/或第二盘的布置相对于测量轴与理想位置的偏差的信息。可选地,扇区均匀分布,具有相同大小和/或其数量是偶数(即,2 的数学倍数)和/或阿尔法间隔的数量是扇区数量的倍数,和/或第二耦合电极的数量是扇区数量的倍数。

[0022] 在另选实施方式中,根据本发明的绝对电容式旋转编码器具有第一盘,例如定子盘,以及第二盘,例如转子盘,作为以一个自由度绕一个测量轴相对于彼此可移动的两个单元,以及第一传感器环和第二传感器环,第一传感器环和第二传感器环分别具有多个第一耦合电极,更具体地,发射电极,其以环形形状布置在第一盘上并且径向对准;以及多个第二耦合电极,更具体地,接收电极,其以环形形状布置在第二盘上并且径向对准。每个传感器环的第一耦合电极和第二耦合电极的环形宽度彼此匹配。第一盘和第二盘共轴布置在测量轴上,彼此相距一定距离,能绕测量轴相对于彼此旋转,其中,以时变耦合信号可通过电容耦合在相应传感器环的第一耦合电极和第二耦合电极之间发送的方式确定第一盘与第二盘之间的距离。通过评估在第一耦合电极和第二耦合电极之间发送的第一传感器环和第二传感器环(即,两个传感器环)的耦合信号,可确定绝对角度。为了在第一耦合电极和第二耦合电极之间发送的耦合信号的差分信号评估,第二耦合电极细分为两种相反类型,即,例如,每个第二耦合电极直接或间接连接到模数转换器(ADC)的正或负输入。这里,相应传感器环的分别间隔1个的第二耦合电极是相同类型。

[0023] 在前述另选实施方式中,相应传感器环的第一耦合电极具有至少三个定义的不同耦合信号相。这里,耦合信号相被合并信号的部分上,或者通过第一耦合电极的实施方式或几何形状以及彼此偏移,当使用4个相时,耦合信号相的彼此偏移优选为 90° 或 $1/4$ 。阿尔法间隔基于耦合信号相的数量定义。第一耦合电极的结构在每个传感器环上通过阿尔法间隔预先确定。每个传感器环具有多个阿尔法间隔(沿传感器环),使得第一传感器环具有第一阿尔法间隔总数,第二传感器环具有第二阿尔法间隔总数。这里,第一阿尔法间隔总数或第二阿尔法间隔总数可以大于1,即,两个传感器环中的一个可以具有仅一个阿尔法间隔。因此,每个传感器环具有多个第一耦合电极,其布置根据阿尔法间隔沿相应的传感器环构造,使得基于两个传感器环的耦合信号的评估可以绝对地确定角度。第二耦合电极的耦合信号被以每类型的扇区逐个扇区地聚集在一起,结果,相对于耦合信号,第一传感器环和/或第二传感器环被细分为至少3个扇区,例如4个扇区(象限)或8个扇区。扇区分布在整个传感器环上,即,相对于耦合信号,相关传感器环完全被细分为扇区。通过将每种情况下来自至少两个扇区的放在一起的耦合信号彼此比较,评估耦合信号,结果,可建立关于第一盘和/或第二盘的布置相对于测量轴与理想位置的偏差的信息。可选地,扇区均匀分布,具有相同大小,其数量是偶数(即,2的数学倍数),和/或第二耦合电极的数量是扇区数量的倍数。

[0024] 作为在至少3个扇区情况下将耦合信号的逐个扇区聚集在一起的另选,在所有实施方式中相关传感器环具有至少三种类型的第一耦合电极,第一电极分别具有至少三个相互偏移耦合信号相,使得总体上使用至少9个不同耦合信号相,其中,相应的3个相通过相应一种类型的第一耦合电极连接。

[0025] 在根据本发明的旋转编码器的一个发展中,通过比较聚集在一起的耦合信号而建立的关于第一盘和/或第二盘的布置相对于测量轴与理想位置的偏差的信息,可以补偿第一盘和/或第二盘的布置相对于测量轴与理想位置的偏差造成的误差。具体地,这种误差是低频误差,具体地,这种误差相对于旋转通过 360° 是周期性的。在本发明的含义内,“补偿”要理解为完全或部分补偿。另选地或附加地,第一盘和/或第二盘的布置相对于测量轴与理想位置的偏差可通过关于第一盘和/或第二盘的布置相对于测量轴与理想位置的偏

差的信息确定。

[0026] 在所有实施方式中,通过第一传感器环的第一耦合电极的顺序和第二传感器环的第一耦合电极的顺序,第一传感器环和第二传感器环可选地彼此匹配,使得两个传感器环的弱点至少部分彼此补偿。因此,通过设计第一耦合电极的各个顺序,第一传感器环和第二传感器环的误差谱按定向方式以如下方式受影响:至少在部分中,在一个传感器环中较强烈出现的谱分量在另一个传感器环中相对弱或(大致)等于0。因此,由于相互匹配的传感器环,由第二传感器的对比而言受误差影响弱的对应分量可以补偿第一传感器环的误差谱的对比而言受误差影响强的分量,反之亦然。根据传感器环的实施方式或匹配,通过第一传感器环的耦合信号的信号评估补偿第二传感器环的误差谱的部分,反之亦然,其中,相互补偿误差谱的显著相对高频和/或高频部分。为了补偿相应误差谱的主线,第一传感器环的第一阿尔法间隔总数和第二传感器环的第二阿尔法间隔总数可选地不相等,此外,第一阿尔法间隔总数的所有倍数不等于第二阿尔法间隔总数的所有倍数。作为另一选择,误差谱的特定或出现的次级线类似地相互补偿。此外,以第一传感器环的误差谱与第二传感器环的误差谱正交的方式可选地执行匹配。相应地,组合如上所述彼此匹配的两个或更多个传感器环带来的是,根据本发明,具有自补偿误差分量的具有(总体)误差谱的旋转编码器。

[0027] 本发明不限于具有两个传感器环的实施方式,而是根据本发明的旋转编码器可选地具有三个或更多个传感器环,其中,传感器环中的至少两个以基于传感器环的信号评估可以绝对地确定角度的方式彼此不同。为此,传感器环优选具有如此不同的设计,以至于不存在除以所有传感器环的阿尔法间隔总数的数字。这里,传感器环可以具有成对公约数。相应第一耦合电极的顺序按以下方式彼此匹配:各个传感器环的误差谱的弱点彼此相反地补偿,例如借助于具有弱实施的幅值的传感器环的至少一个误差谱中的每个误差谱线,或者在理想情况下,幅值等于0。这里,将耦合信号逐个扇区聚集在一起在传感器环的至少一个中执行,有利地在具有最高分辨率的传感器环中执行,例如由于耦合信号的最高数量,通常是最外侧的传感器环。如果耦合信号的逐个扇区聚集在一起是在多个传感器环的情况下执行,则如果细分为扇区是使得相应传感器环的扇区不同于不同传感器环的扇区,则在误差补偿方面通常有利,例如,在其数量或角度大小、和/或关于彼此的偏移方面。

[0028] 第二耦合电极的耦合信号通过电接触件在第一盘和第二盘处直接施加或拾取。作为另选,比之优选地,第二盘具有针对第一传感器环和第二传感器环的传送电极,这些传送电极与第一盘的传送电极电容耦合,结果,耦合信号可在第一盘与第二盘之间发送。通过传送电极形式的信号传送装置,耦合信号从一个盘传送到另一个盘,使得仅在两个盘中的一个上需要用于施加或拾取耦合信号的电接触件。另一个盘(优选为第二盘)仅具有内电接触件,例如,第二耦合电极与相应传感器环的传送电极之间的那些电接触件,这是这种盘在下面称为被动盘的原因。相比于前面提到的具有用于拾取或提供耦合信号的“主动”盘,被动盘使得能够在整体上简化其生产以及旋转编码器的电接触,因此使得这更成本有效,因为例如仅需要对静态非旋转盘的电接触。针对每个传感器环的第二耦合电极的每种类型,被动第二盘具有至少一个传送电极,即,导电连接到一种类型的至少一个第二耦合电极。相应地,针对每种类型每个传感器环,第一盘具有至少一个传送电极。相同类型和相同传感器环的传送电极彼此电容耦合,为此,它们与测量轴具有相同半径距离(例如,关于传送电极的中心)。在相同半径距离的情况下,第一盘的传送电极的径向范围(径向方向上的范围)

可选地不同于与之耦合的第二盘的传送电极的径向范围。结果,关于第一盘和 / 或第二盘的偏心的鲁棒性增加,第二盘的传送电极的径向方向上的范围优选小于第一盘的传送电极的径向方向上的范围。

[0029] 将耦合信号逐个扇区聚集在一起可选地在具有发送电极的实施方式中借助于在传感器环被划分为扇区的情况下针对每个扇区对于第二耦合信号的每种类型具有一个传送电极即两个传送电极的第一盘执行。各个扇区的传送电极彼此分开。发送到扇区内的此传送电极的所有耦合信号通过这种传送电极组合,这种传送电极的环形范围对应于扇区的环形范围。这里,第一盘或第二盘的传送电极分别连接到单个第一耦合电极或第二耦合电极,或者在每种情况下,与同一类型的环形相邻第一耦合电极或第二耦合电极的序列连接。第二盘上第二耦合电极的每个这种序列的环形范围无需对应于扇区的环形范围。相反,鉴于最优的耦合信号发送,优选对应于第一盘上相关传感器环的彼此相邻的阿尔法间隔的环形方向上的组的环形范围,优选为 P- 间隔的环形范围。

[0030] 在具有主动第二盘(即,没有传送电极)的实施方式的情况下,将耦合信号逐个扇区聚集在一起可选地借助于在第二盘上导电连接的相应扇区的相同类型的第二耦合电极来执行。每个扇区聚集在一起的耦合信号然后通过电连接被拾取。

[0031] 在根据本发明的第一传感器环的相同类型的耦合信号和第二传感器环的耦合信号都被逐个扇区聚集在一起的旋转编码器的情况下,如果第一传感器环的扇区数量不同于第二传感器环的扇区数量,则是有利的。另选地或附加地,第一传感器环的扇区与第二传感器环的扇区偏移设置,例如偏移 30° 或 60° ,结果,即使在相同数量和大小扇区的情况下,第一盘和第二盘的不同区域被覆盖。偏移程度优选与扇区数量匹配;例如,在每个传感器环分别 4 个相同大小扇区的情况下是 45° 。

[0032] 作为另一可选特征,旋转编码器具有第一信号换能器和第二信号换能器,例如 ADC。第一耦合电极或优选地第二耦合电极直接或间接连接至两个信号换能器中的相应一个。在根据发明具有相对于耦合信号而细分为的扇区的传感器环的情况下,第一耦合电极或第二耦合电极逐个扇区且逐个类型连接到两个信号换能器中的一个。即,至少一个扇区和一种类型的耦合信号被施加到每个信号换能器。举例而言,如果旋转编码器相对于耦合信号细分为分别为 120° 的三个扇区,则第一扇区和第一类型的耦合信号被引导到第一信号换能器,第一扇区和第二类型的耦合信号被引导到第二信号换能器。相应地,两个其它扇区的耦合信号被引导到第一信号换能器和第二信号换能器,其中一种类型的耦合信号针对所有扇区被引导到同一信号换能器或者针对不同扇区被引导到不同信号换能器。这里,可选地,通过旋转编码器包括的开关的分配可从第一信号换能器互换到第二信号换能器,反之对于耦合信号或第二耦合信号的每个扇区和每种类型亦然,即,第二耦合电极与信号换能器之间的连接逐个扇区且逐个类型可互换。换句话说,针对各种扇区和类型聚集在一起的耦合信号然后施加于不同的信号换能器,并且此分配可从一个信号换能器到另一个信号换能器改变。通过两个传感器环中的至少一个的各个传感器的耦合信号在信号换能器的这种交替分配,测量轴或盘移动的监测(轴监测)有利地变得可能,例如,关于摇摆或偏心移动。

[0033] 为了增加关于第一盘和 / 或第二盘的偏心的鲁棒性,在一些实施方式中,在至少一个传感器环的情况下,第一耦合电极的径向范围不同于与之耦合的第二耦合电极的径向

范围。结果,提供了不受偏心行为影响的接收电极与发射电极之间的电容耦合,这是这些特征侧翼地实现以上描述的对误差谱的分量(更具体地,低频分量)的补偿的原因。这里,第二耦合电极的径向范围有利地大于第一耦合电极的径向范围。

[0034] 可选地,以通过第一盘相对于第二盘的旋转生成耦合电极的正弦曲线的方式,为了耦合信号的正弦信号特性,形成第一耦合电极和/或第二耦合电极。作为另一选择,直接相邻的第一耦合电极以径向相反方式彼此对准。这里,其具有相反对准造成的直接相邻的第一耦合电极的不同径向位置以及可能的第一耦合电极的正弦形式被补偿的如此不同形式,结果,减少或防止了偏心和/或倾斜造成的可能的干扰。

[0035] 为了补偿信号串扰、减少或屏蔽外部干扰信号和/或改变第一耦合电极和第二耦合电极之间的距离因此改变电容耦合,一些实施方式具有至少一个电屏蔽保护电极,优选为环形实现方式,至少在第一盘上,该保护电极完全或部分围绕第一耦合电极。另外,第二盘可选地具有用于减少外部干扰信号的电屏蔽保护电极环。

[0036] 本发明有利地提供了电容式旋转编码器,通过其以绝对精准方式通过组合具有多个第一耦合电极和第二耦合电极的彼此匹配的两个或更多个传感器环可确定角度。使用时变耦合信号和多个耦合电极提供的优点适用于本旋转编码器中的所有传感器环中。根据本发明的具有至少两个传感器环的旋转编码器导致的优点在于在比根据现有技术的绝对电容式旋转编码器的情况在不改变精度的情况下在生产和组装期间当以相同生产和组装精度需求或更大容差确定角度时增加精度。

[0037] 利用彼此匹配的传感器环,有利的是,完全消除或至少部分减少了误差分量,误差分量在旋转编码器的误差谱中将整体降低角度确定精度。类似地,有利的是,通过耦合信号的逐个扇区聚集在一起并且通过还针对耦合信号幅值评估耦合信号,减少或补偿了误差分量。由于这些特征,精度或更大制造/组装容差因此成本优点有提高。

[0038] 因此,有利地,根据本发明的旋转编码器补偿误差谱的低频以及相对高频和低频分量,即,考虑了非常大的带宽的测量误差,结果,本发明提供了确定角度时的误差的“整体”补偿,这比根据现有技术的旋转编码器显著提高了本旋转编码器的测量精度。特别有利的是,根据本发明的旋转编码器通过组合根据本发明的两个或更多个传感器环,相比于根据现有技术的绝对电容式旋转编码器带来了改进的自补偿。结果,提供了误差的高度精确补偿,即使没有高度精确外部基准,尤其是实现了在旋转编码器的组装之后在用户处能以相对小的时间和成本费用进行误差补偿的优点。为了根据本发明的旋转编码器的自补偿或自校准,执行一次在至少整个圆即 360° 上的第一盘到第二盘的相对移动,结果,补偿了所有可补偿误差分量或确定所有误差参数。如果误差参数中的一些提前已知或不变或需要补偿,例如,对于小于 360° 的相对移动内的角度要被确定的那些旋转编码器是这种情况,诸如例如在具有限制旋转范围的机器人臂或关节臂中,则小于 360° 的旋转相应地足以用于自补偿。

[0039] 本发明此外涉及用于确定根据本发明的旋转编码器的角度的方法。在本方法的范围内,由时变耦合信号致动相应的传感器环的第一耦合电极或第二耦合电极。耦合信号通过电容耦合在第一耦合电极和第二耦合电极之间发送,其中,发送依赖于第一耦合电极和第二耦合电极相对于彼此的相对位置或者依赖于第一盘与第二盘耦合信号的相对位置。因此,通过在第一耦合电极和第二耦合电极之间发送的耦合信号的信号评估可确定角度,其

中,信号评估按差分方式执行,结果,尤其是消除了外部干扰信号。要确定的角度可以基于第一传感器环的耦合信号并且基于第二传感器环的耦合信号针对隔离的各传感器环以模糊方式分别确定。这些模糊通过评估由来自两个传感器环、即来自第一传感器环和第二传感器环二者的耦合信号解决,这是使用根据本发明的方法以绝对方式确定角度的原因。具体地,由于第一阿尔法间隔总数相对于第二阿尔法间隔总数的互质性,可以解决模糊性。

[0040] 可选地,作为根据本发明的方法的部分,在根据本发明的旋转编码器的实施方式中补偿误差,其中借助于对来自不同扇区的耦合信号的对比评估,第二耦合电极的耦合信号逐个扇区聚集在一起。借助于此,主要可以补偿低频误差,其由第一盘和 / 或第二盘相对于测量轴与理想位置的偏差造成。另选地或附加地,确定第一盘和 / 或第二盘的布置相对于测量轴与理想位置的偏差。作为另一选择,在这些实施方式中单独读出结果来自每个传感器的耦合信号。单独读出结果借助于来自每个传感器的接收电极的聚集在一起的耦合信号施加到单独的信号换能器(具体地,模数转换器)来执行。另选地,单独读出结果借助于来自不同扇区的第二耦合电极的聚集在一起的耦合信号通过时间复用有时间偏移地施加到公共的信号换能器,更具体地,施加到模数转换器。后一选择提供了以相对少的信号换能器使单独读出变得可能的优点。

[0041] 作为另一选择,时间复用用于以时间偏移方式利用用于不同耦合信号相的时变耦合信号来对相应传感器环的耦合电极进行致动,使得在不同时间施加来自不同相的时变耦合信号。作为另一选择,相对于第二传感器环的信号发射耦合电极通过时间复用以时间偏移方式对第一传感器环的信号发射耦合电极进行致动。

[0042] 作为另一选择,在耦合信号评估期间考虑了耦合信号的幅值。结果,补偿了第一耦合电极和 / 或第二耦合电极的盘上的形式或位置与理想形式和理想位置的偏差,结果,相比于根据现有技术的旋转编码器的情况,有利地实现了进一步增加精度或更大的制造容差。

[0043] 本发明另外包含通过电磁波实施的计算机程序产品或计算机数据信号,包括用于控制或执行用于确定角度的方法的程序代码。

附图说明

[0044] 下面基于附图中示意性描绘的示例性实施方式以纯示例方式更详细地描述根据本发明的绝对电容式旋转编码器和根据本发明的用于确定角度的方法。

[0045] 具体地:

[0046] 图 1 示意性示出根据本发明的旋转编码器的第一实施方式,

[0047] 图 2a- 图 2c 示出接收电极和发射电极的构造和布置及其利用时变耦合信号的致动的示意示例,

[0048] 图 3 示出第一传感器环和第二传感器环的发射电极的定义顺序的示意示例,

[0049] 图 4a、图 4b 示出旋转编码器的误差谱的示例,其中传感器环彼此匹配,

[0050] 图 5 示出来自具有传送电极的实施方式的区段和用于将耦合信号逐个扇区聚集在一起的扇区的示意示例,

[0051] 图 6 示出用于具有 4 个扇区的旋转编码器的分配状态的示例性表格,

[0052] 图 7 示意性示出根据本发明的包括信号发送装置的旋转编码器的第二实施方式,

[0053] 图 8a、图 8b 示出误差自补偿前后的根据图 7 的旋转编码器的误差谱的示例。

具体实施方式

[0054] 图 1 示出根据本发明的旋转编码器 100，其包括第一盘 1，下面表示为定子 1，以及第二盘 2，下面表示为转子 2。定子 1 和转子 2 共轴且彼此具有一定距离地布置在测量轴 50 上，绕测量轴 50 相对于彼此可旋转。然而，在根据图 1 的说明中，为了提高清晰性，旋转编码器“折叠打开”，即，定子 1 和转子 2 都处于附图的平面中，结果，盘 1 和盘 2 的面对区域可见。旋转编码器 100 具有第一传感器环 3，该第一传感器环 3 具有：多个第一耦合电极 5a，其在该示例中实现为发射电极并且以环形方式布置在定子 1 上；以及多个第二耦合电极 6a，其在该示例中实现为接收电极并且以环形方式布置在转子 2 上。另外，旋转编码器 100 包括第二传感器环 4，该第二传感器环 4 类似地具有：多个第一耦合电极 5i，其实现为发射电极并且以环形方式布置在定子 1 上，以及多个第二耦合电极 6i，其实现为接收电极并且以环形方式布置在转子 2 上。第一耦合电极 5a、5i 和第二耦合电极 6a、6i 具有径向对准，即，其纵轴指向测量轴 50。由第一传感器环的发射电极 5a 和接收电极 6a 分别形成的环形结构以及由第二传感器环的发射电极 5i 和接收电极 6i 形成的环形结构分别彼此同心并且与测量轴 50 同心。外侧的传感器环的第一耦合电极和第二耦合电极 5a、6a 距测量轴 50 具有距离 r_1 ，内侧的传感器环的第一耦合电极和第二耦合电极 5i、6i 距测量轴 50 具有距离 r_2 ，总是相对于例如相应电极的中心点。由于距测量轴 50 的分别相等的距离 r_1 、 r_2 以及定子 1 到转子 2 的距离，外侧的发射电极 5a 与接收电极 6a 电容耦合，相应地，内侧的发射电极 5i 与接收电极 6i 电容耦合。第一传感器环的发射电极 5a 的顺序或布置和第二传感器环的发射电极 5i 的顺序或布置彼此匹配，更具体地，通过下面更详细描述的第一相排列和第二相排列，使得基于第一传感器环 3 和第二传感器环 4 以绝对方式执行角度确定。换句话说，由于第一传感器环 3 与第二传感器环 4 的组合，绝对旋转编码器 100 存在。

[0055] 每个传感器环 3 或 4 的接收电极 5a、5i 细分为两个相互相反的类型（例如，正和负），例如，外侧的传感器环 3 的接收电极 6p 和接收电极 6n，使得能够通过电容功能原理对接收电极 6a、6i 接收的耦合信号进行差分评估。这里，各传感器环沿环形方向 z （即，沿假想环线）的相应每个第二接收电极 6a 或 6i 是相同类型；换句话说，环形直接彼此相邻的接收电极 6a、6i 是不同类型。如所描绘的，一种类型的所有接收电极 6a 或 6i 优选被位于较朝向外部的端部的接触件 5l 电接触，而另一种类型的所有接收电极 6a 和 6i 被位于较朝向内部的端部的接触件 5l 接触。这里，用于接收电极的电容耦合的面积在两种类型中是相同大小。

[0056] 图 2a 示意性示出第一传感器环和第二传感器环的第一耦合电极和第二耦合电极的构造的示例。所描绘为来自处于定子和转子的 5 个不同相对位置 A、A'、A''、B、B' 处的定子的区段在每种情况下是具有与来自定子的区段相同的传感器环的耦合信号相的 3 个发射电极 5a 和 5i，以及在附图中以重叠方式，在每种情况下来自与转子的区段相同的传感器环的一种类型的 3 个矩形接收电极 6p。为了更好的概览，不考虑沿环形圆线方向 z 的圆曲率，以提高图 2a 中以及在随后的图 2b- 图 3a 的附图中的清晰性。此外，为了简洁，在图 2a 中省略了布置在描绘的类型 6p 的接收电极之间的相反类型的类似的矩形接收电极。为了耦合信号的正弦特性，接收电极 6p 具有所描绘的矩形形式，发射电极 5a、5i 具有所描绘的

正弦形式,其中接收电极 6p 和发射电极 5a、5i 具有至少大致相同宽度作为在 z 方向上的范围。因此,在转子相对于定子环形方向 z 上的相对移动并且因此第一耦合电极相对于第二耦合电极或 5a 和 5i 相对于 6p 的相对移动的情况下,存在从具有一个极性的发射电极和接收电极的完整重叠的状态(相对位置 A、A'、A'')到不存在叠加(相对位置 B、B')的状态的过渡。结果,出现所描绘的传感器环的一个相的耦合信号的正弦曲线,其中信号幅值最大值针对相对位置 A、A'、A'' 处的完整叠加,最小值针对无叠加相对位置 B、B'。在第一耦合电极和第二耦合电极之间发送的耦合信号包含关于作为第一盘与第二盘的相对位置的角度信息。通过对在各个传感器环的第一耦合电极和第二耦合电极之间发送的耦合信号的信号评估,在这种情况下可增量地确定角度。换句话说,要确定的角度仅可唯一地在周期长度 D 内确定,D 对应于电极宽度的两倍并且在图 2a 中被描绘为两个最小值之间的距离。各个耦合信号的幅值在其评估期间可选地被考虑,结果,可有利地补偿与理想电极几何形状的偏差和转子或定子上第二耦合电极 6p(或 6n)和/或第一耦合电极 5a、5i 的理想位置的偏差和/或与理想电极形式的偏差,例如与理想矩形或正弦形状的偏差。

[0057] 图 2b 示出作为两种类型的第二耦合电极的两个接收电极 6p、6n 相对于作为第一耦合电极的 4 个发射电极 5R-5U 的理论相对布置。发射电极 5R-5U 由时变信号致动,该时变信号例如是具有相同幅值和频率的 AC 电压信号形式,并且具有 4 个不同耦合信号相 R、S、T、U。通过电容耦合,耦合信号被接收电极 6p、6n 接收,经由不同极性的接触件 51 间接或直接馈送至评估单元以进行差分评估。

[0058] 如已经提到的,接收电极 6p、6n 的宽度 B1 等于发射电极 5R-5U 在其最宽位置处的宽度 B2。另选地,为了考虑边缘效应,有利地,可以保持发射电极 5R-5U 的宽度 B2 略小于接收电极 6p、6n 的宽度 B1。为了补偿定子和/或转子的偏心,接收电极 6p 和 6n 有利地如所描绘地具有径向范围 L2,即,沿纵轴的长度,其大于同一传感器环的发射电极 5R-5U 的径向范围 L1。即使在偏心行为引起的、在定子相对于转子的所有旋转位置中与定子相对于转子的理想位置的偏差的情况下,由于发射电极 5R-5U 和接收电极 6p、6n 的径向对准以及其不同的长度 L1 和 L2,确保了至少大致不受所述偏差影响的电容耦合。

[0059] 所描绘的不同类型的一对相邻接收电极 6p、6n 或具有所有 4 个所使用的耦合信号相的 4 个相邻发射电极 5R-5U 的布置定义了所谓的阿尔法间隔 α 。该阿尔法间隔 α 的宽度由发射电极的环形宽度定义。依赖于耦合信号相数量,根据图 2b 的布置(仅理论上可能)的阿尔法间隔 α 因此分别代表第一传感器环和第二传感器环的最小自包含电容信号耦合单元。

[0060] 这里,4 个发射电极 5R、5S、5T、5U 分别相对于彼此移位阿尔法间隔的宽度的 1/4。因此,利用一种类型的接收电极,由此生成的正弦耦合信号彼此几何相偏移 90° 。

[0061] 当然,由于实际中具有交叠电极的这种布置是不可能的,所以如后续图 2c 中所描绘的,通过相排列选择性地省略发射电极。

[0062] 图 2c 在中心示出来自图 2b 的作为发射电极 5R-5U 的第一耦合电极以在环形方向 z 上持续的相 RSTU 的简单顺序交叠的实际上不可能的布置,其中来自图 2b 的布置重复 9 次,即,其中描绘了 9 个阿尔法间隔 α 。竖直虚线在每种情况下示出相同相 5R 的发射电极作为新的阿尔法间隔 α 的开始。通过在下面描述的相排列的原理,这些 36 个发射电极的发射电极现在以定向方式省略。

[0063] 图 2c 的底部描绘第一相排列 21 的示例。从图中左侧开始,来自前 8 个发射电极的具有相 R 和 T 的发射电极 5R、5T 被保持,而忽略具有相 S 和 U 的发射电极。从接下来的 8 个发射电极,发射电极 5S 和 5U 被保持,而忽略具有相 R 和 T 的那些发射电极。从接下来的 20 个发射电极,分别保持 2 个电极 5R、5S、5T、5U,并且分别忽略 3 个电极 5R、5S、5T、5U,如图 2c 底部描绘的。保留的 16 个发射电极形成第一排列间隔 8,简称为 P- 间隔,其具有相顺序 R-T-R-T-S-U-S-U-T-R-T-R-U-S-U-S。在第一 P- 间隔 8 的末尾,重复此相或发射电极顺序,使得整个传感器环被覆盖。因此,在这 16 个发射电极中,4 个发射电极分别对应于 4 个相中的每一个,结果,4 个相在整个第一 P- 间隔 8 上、因此在整个传感器环上存在相同分布。第一 P- 间隔 8 的长度对应于图 2b 的中心中 9 次重复的简单布置的布置长度,即,其对应于 9 个阿尔法间隔 α 。与第一 P- 间隔 8 对应的阿尔法间隔 α 的第一数量 P1 因此是 $P1 = 9$ 。换句话说,第一 P- 间隔 8 构成 9 个阿尔法间隔 α 的组合。

[0064] 在图 2c 的顶部描绘第二相排列 22。出现的是具有相顺序 R-T-S-U-T-R-U-S 的第二 P- 间隔 9。与第二 P- 间隔 9 对应的阿尔法间隔 α 的第二数量 P2 因此是 $P2 = 5$ 。在第二 P- 间隔 9 的端部之后,在整个传感器环上分别重复此相或发射电极顺序,如通过下一个第二 P- 间隔 9a 在图 2c 的顶部指示的。

[0065] 由于作为阿尔法间隔 α 的不同组合的不同的第一相排列 21 和第二相排列 22,第一 P- 间隔 8 比第二 P- 间隔 9 具有更多个阿尔法间隔 α ,第二 P- 间隔 9 的环形范围短于第一 P- 间隔 8 的环形范围并且发射电极的布置不叠合 (congruent)。因此,在第一 P- 间隔 8 中,发射电极部分地位于其中第二 P- 间隔 9 中存在没有发射电极的点的点处,反之亦然。因此,第一传感器环和第二传感器环由于不同的第一相排列和第二相排列而彼此不同,并且通过构造第一相排列和第二相排列而彼此可匹配。

[0066] 为了获得其余发射电极之间的电学上足够的绝缘距离,同时仍具有发射电极的紧凑布置,在每种情况下直接相邻的发射电极有利地在第一 P- 间隔 8 和第二 P- 间隔 9 中具有相反的径向对准,即,相应的下一个的再一个发射电极如图 2c 中描绘的相对于相应的下一个发射电极旋转 180° 。这里,具有该一个对准方式的发射电极可选地与具有该相反对准方式的发射电极略不同地形成,以补偿由于环形布置导致的各个发射电极的诸如不同位置的差异,结果,补偿了与定子和 / 或转子的理想位置的偏差造成的、在所有发射电极的相同形式下也可能发生的干扰影响。

[0067] 传感器环中的一个或两者的一个相的发射电极的 (例如,全部发射电极 5R 的) 致动可选地通过与其它相的发射电极 (即,例如,发射电极 5T-5U) 的致动有时间偏移的时间复用来执行,结果,避免了耦合信号的相互干扰。

[0068] 图 3 示出作为来自定子的部分的第一传感器环的发射电极 5a 的完整组和第二传感器环的第二发射电极 5b 的完整组,各自形成环形方向 z 上第一传感器环或第二传感器环的定子侧第一耦合电极。第一传感器环的多个发射电极 5a 的组具有根据图 2c 的数量 M1 个相等第一 P- 间隔 8。在此示例中,该数量 M1 是 4 个第一 P- 间隔 8-8c。第二传感器环的多个发射电极 5b 的组具有根据图 2c 的数量 M2 个相等第二 P- 间隔 8;在该示例中,存在 7 个第二 P- 间隔 9-9f。这里,除了选择的相排列以及因此不同相的发射电极的顺序之外,每个传感器环的 P- 间隔 8 或 9 的数量 M1 或 M2 固有地还依赖于各个传感器环的 (平均 (mean)) 半径和发射电极的 (平均 (mean)) 尺寸或环形范围。

[0069] 由于第一 P- 间隔 8-8c 彼此相同, 基于仅第一传感器环仅可模糊地确定角度。这同样适用于第二传感器环。为了利用旋转编码器毫无疑问地确定角度, 第一传感器环的耦合电极的布置以定义的方式不同于第二传感器环的耦合电极的布置, 使得基于两个传感器环的耦合信号解决了模糊性。在示例中, 第一传感器环的阿尔法间隔 α 的第一总数 N_1 与第二传感器环的阿尔法间隔 α 的第二总数 N_2 互质。换句话说, 在本示例中, 第一 P- 间隔 8 的数量 M_1 (在此示例中是 4 个) 和第一 P- 间隔 8 的阿尔法间隔 α 的第一数量 P_1 (在此示例中是 9 个) 的数学乘积 $M_1 \cdot P_1$ 与第二 P- 间隔 9 的数量 M_2 (在此示例中是 7) 和第二 P- 间隔 9 的阿尔法间隔 α 的第二数量 P_2 (在此示例中是 5) 的乘积 $M_2 \cdot P_2$ 互质:

[0070] $N_1 = M_1 \cdot P_1 = 4 \cdot 9 = 36 \perp N_2 = M_2 \cdot P_2 = 7 \cdot 5 = 35$ 。第一相排列和第二相排列因此以基于彼此匹配的两个传感器环、根据本发明的旋转编码器可绝对地确定角度的方式, 被选择彼此匹配。

[0071] 作为选择, 第一传感器环的发射电极 5a 利用时变信号通过时间复用与第二传感器环的发射电极 5i 有时间偏移地致动, 结果, 如果第一发射电极 5a 和第二发射电极 5i (或相应关联的接收电极) 彼此靠近被布置在定子上 (或在转子上) 而没有遮蔽, 也可避免相互干扰。因此, 第一、外侧的传感器环与第二、内侧的传感器环之间的径向距离可以被保持较低, 这在紧凑的旋转编码器方面是有利的。

[0072] 外侧的传感器环的发射电极 5a 和内侧的传感器环的发射电极 5i 的顺序按照第一传感器环和第二传感器环的误差谱中的弱点至少在误差谱的部分中彼此补偿的方式可选地选择为彼此匹配, 如下面基于图 4a- 图 4c 描述的。在示例中, 这是通过将第一相排列与第二相排列匹配、因此将发射电极 5a 和 5i 的布置与第一 P- 间隔 8 的数量 M_1 和第二 P- 间隔 9 的数量 M_2 匹配来执行的。

[0073] 图 4a 和图 4b 示出两个纯示例性误差谱。图 4a 示出具有第一耦合电极和第二耦合电极的外侧的传感器环的误差谱 F_1 , 其相顺序由第一相排列定义, 如同例如根据图 2c。图 4b 示出有第一耦合电极和第二耦合电极的内侧的传感器环的误差谱 F_2 , 其相顺序由第二相排列定义, 如同例如根据图 2c 或图 3。水平轴分别描绘作为谐波数量的频率, 而垂直轴描绘相应谐波的角度误差。

[0074] 第一传感器环的误差谱 F_1 (图 4a) 示出弱点 10, 例如在第 100 个谐波与第 500 个谐波之间的区段中, 其幅值或角度误差具有显著的实施方式。这些谐波的幅值仅在第二传感器环的误差谱 F_2 (图 4b) 中显著地弱, 结果, 第一传感器的这些误差分量能被第二传感器补偿。反之, 误差谱 F_2 示出弱点 11, 例如, 在第 11 个谐波与第 200 个谐波之间的区段中。这些谐波的幅值在第一传感器环的误差谱 F_1 中都小, 结果, 第二传感器的这些误差分量能被第一传感器补偿。为了补偿误差谱的主线 (main line), 第一传感器环的第一阿尔法间隔总数 N_1 及其全部倍数不等于第二传感器环的第二阿尔法间隔总数 N_2 及其全部倍数。有利地, 误差谱的二次线也彼此补偿。第一耦合电极的顺序或第一和传感器环的相排列特别有利地按两个误差谱 F_1 和 F_2 彼此正交或者彼此不交叠的最优方式彼此匹配。

[0075] 图 5 示出包括定子 1 和转子 2 的旋转编码器 100, 其中为了清晰性原因, 仅绘出两个或更多个传感器环的第一传感器环 3。在所描绘的实施方式的第一传感器环 3 中, 一个扇区的具有相同极性的耦合信号逐个扇区聚集在一起。为此, 转子 2 具有传送电极 15n, 其通过接触件 51 以导电方式连接到一种类型传送电极 6n (见图 1), 并且具有传送电极 15p, 其

以导电方式连接到相反类型的接收电极 6p。传送电极 15n 形成关于接收电极 6p 和 6n 的外环；相反的传送电极 15p 形成内环。相应地，定子 1 具有每种类型的传送电极 14n 的一个环，当在外部围绕发射电极 5a 并且当在内部围绕发射电极 5a 时，这些传送电极在每种情况下以电容方式耦合到转子 2 的传送电极 15n、15p。传送电极 14p 和 14n 与发射电极 5a 电绝缘。从传送电极 14p 或 14n，耦合信号被馈送到相应的一个信号换能器以用于差分信号评估。独立于逐个扇区聚集在一起，通过传送电极的耦合信号传送比转子 2 直接连接到评估单元提供了优点，从而转子 2 实现为被动的第二盘，简化了转子 2 的生产工艺。

[0076] 为了与定子 1 和 / 或转子 2 的偏心有关的鲁棒性目的，如所描绘的，定子侧传送电极 14p 和 14n 的径向范围有利地大于转子侧传送电极 15p 和 15n 的径向范围。作为另一选择，为了位于较远离外部的传送电极 14n 和 15n 的径向范围小于较远离内部的传送电极 14p 和 14n 的径向范围的目的，定子 1 的传送电极 14p 和 14n 和 / 或转子的传送电极 15p 和 15n 具有相等的面积。如果定子 1 或转子 2 分别具有每种类型的仅一个环形传送电极 14p、14n、16p、16n，则该传送电极具有电绝缘断口以防止环电流。

[0077] 然而，如描绘的，定子 1 优选地关于传送电极 14p 和 14n 细分为至少 3 个扇区。示例考虑 4 个相同分布和相同大小的扇区 13a-13d。每个扇区 13a-13d 具有每种类型的传送电极 14p 或 14n，其中各个扇区的传送电极 14p 和 14n 彼此电绝缘。由于如此实现的传送电极 14n 和 14p，发源自一种类型的接收电极的耦合信号和发源自相反类型的接收电极的耦合信号均逐个扇区聚集在一起。换句话说，相应扇区 13a-13d 内通过按类型分开的电容耦合从转子 2 发送到定子 1 的所有耦合信号由包括相应扇区 13a-13d 的传送电极 14p 或 14n 整合。这里，各个扇区 13a-13d 的读出结果可选地针对各个扇区 13a-13d 单独地聚集在一起，这借助于旋转编码器具有每个扇区的单独的信号换能器来实现，或者借助于来自不同扇区的聚集在一起的耦合信号以时间偏移引导至公共的信号换能器来实现，为此目使用了时间复用。

[0078] 可选地，针对每个极性的接收电极 6n、6p 的数量是扇区 13a-13d 的数量的数学倍数，即，在此示例中是 4 的倍数。作为另一选择，如图 5 中描绘的，转子 2 具有针对每个极性的多个传送电极 16n、16p，其中传送电极分别连接到接收电极 6a 的序列 16n 或 16p。这里，这种序列 16n、16p 的环形范围优选对应于定子 1 上的 P- 间隔 8 的环形范围。在示例中，定子 1 具有 12 个 P- 间隔，这是为什么转子 2 具有针对每个极性的接收电极 6a 的 12 个序列 16n 或 16p、并且对应地每个类型的 12 个传送电极 15n、15p 的原因。由序列 16n、16p 的这种连接（角度范围对应于 P- 间隔 8 的角度范围）实现了维持耦合信号的正弦形式，即使是在将耦合信号逐个扇区聚集在一起的情况下，而无需附加措施。另选地，转子 2 具有针对每种接收电极 6a 和类型的一个传送电极 15n、15p。

[0079] 将耦合信号逐个扇区聚集在一起（在本实施方式中通过传送电极 14p、14n 逐个扇区分割来执行）带来的结果是，以逐个扇区方式聚集在一起的这些耦合信号被对比评估，例如通过添加相反符号。这种对比评估建立关于第一盘和 / 或第二盘相对于测量轴与理想位置的布置偏差的信息。通过这种信息，能够补偿误差谱的误差或分量，主要是低频误差或分量，诸如，例如偏心或倾斜，其由定子 1 和 / 或转子 2 相对于测量轴 50 与理想位置的布置偏差造成。附加或另选地，关于第一盘和 / 或第二盘相对于测量轴与理想位置的布置偏差的信息用于按照推导的测量值的形式确定此偏差本身。

[0080] 对于更详细的误差补偿,特别是低频误差分量的误差补偿,在高精确度角度确定的实施方式中,不仅一个传感器环、而是每个传感器环关于耦合信号具有扇区,用于逐个扇区聚集在一起以及相应传感器环的具有相同极性的耦合信号的对比评估。在一些实施方式中,第一传感器环的扇区与第二传感器环按照协调方式不同。举例而言,第一传感器环的扇区数量不同于第二传感器环的扇区数量。另选或附加地,第一传感器环的扇区被布置为从第二传感器环的扇区偏移。举例而言,第一传感器环和第二传感器环都具有大小为 90° 的 4 个扇区,但这些扇区彼此移位 45° 。

[0081] 特别地在用于逐个扇区将耦合信号聚集在一起的扇区在两个传感器环中相同(相同大小和相同布置)的实施方式中,各个扇区 13a-13d 的耦合信号施加到第一信号换能器和第二信号换能器,以进一步改进与相对于定子和 / 或转子的测量轴的理想位置的偏差的监测和补偿。这里,同一传感器环的相应全部扇区 13a-13d 能施加到同一信号换能器,或者来自同一传感器环的耦合信号部分地施加到第一信号换能器并且部分地施加到第二信号换能器。这里,这些分配状态是固定的,或者另选地,即使在组装之后通过开关也可改变。

[0082] 图 6 中的表格示出针对根据图 5 的旋转编码器的 6 种分配状态 S1-S6,在每种情况下利用四个相同扇区 13a-13d 和两个模数转换器 ADC1、ADC2,在第一分配状态 S1 中,第一类型(符号 n)的所有耦合信号馈送至第一 ADC1,相应地,第二相反类型(符号 p)的所有耦合信号馈送至第二 ADC2。第二分配状态 S2 对第一分配状态 S1 取反:第二类型 p 的所有耦合信号引导至第一 ADC1,相应地,第一类型 n 的所有耦合信号引导至第二 ADC2。在第三分配状态 S3 中,第一类型 n 的扇区 13a、13b 的耦合信号和第二类型 p 的扇区 13c、13d 的耦合信号被引导至第一 ADC1,相应地,第二类型 p 的扇区 13a、13b 的耦合信号和第一类型 n 的扇区 13c、13d 的耦合信号被引导至第二 ADC1。在第五分配状态 S5 中,扇区 13a、13d 的第一类型 n 的耦合信号被引导至第一 ADC1,像扇区 13b、13c 的第二类型 p 的耦合信号那样。分配状态 S4、S6 分别对状态 S3、S5 取反。

[0083] 图 7 示出根据本发明的包括定子 1 和转子 2 的旋转编码器 100 的另一个示例的立体图,为了更好地概览,定子 1 与转子 2 之间的距离以夸张方式绘制。旋转编码器 100 具有第一传感器环 3 和第二传感器环 4,其分别具有多个发射电极 5a、5i 和多个接收电极 6a、6i,相反类型的接收电极 6n、6p 分别在两个传感器环 3、4 中交替。作为第一耦合电极,发射电极 5a、5i 在各种情况下具有 4 个不同相 5R-5U。第一、外侧的传感器环 3 的发射电极 5a 的相相关顺序由根据图 2c 的第一相排列定义,使得一行 16 个第一发射电极 5a 分别形成第一 P- 间隔 8,其中第一传感器环 3 具有数量 M1 个的 12 个第一 P- 间隔 8 和第一阿尔法间隔总数 N1。第二内侧的传感器环 4 的发射电极 5i 的相相关顺序根据图 2c 由第二相排列定义,因此在各种情况下一行 8 个第二发射电极 5i 形成第二 P- 间隔 9,其中第二传感器环 4 具有数量 M2 个的 7 个第二 P- 间隔 9 和第二阿尔法间隔总数 N2。第一阿尔法间隔总数 N1 与第二阿尔法间隔总数 N2 互质。此外,第一相排列和第二相排列、或第一 P- 间隔 8 和第二 P- 间隔 9 及其在定子 1 上的相应数量以第一传感器环 3 和第二传感器环 4 的误差谱彼此正交的方式被选择为彼此匹配。

[0084] 为了从转子 2 向定子 1 发送耦合信号,各传感器环 3、4 在定子侧和转子侧两侧具有一种类型的传送电极 14p、15p 和相反类型的传送电极 14n、15n。在定子侧,第一传感器环 3 具有四个相同大小的传送电极 14p、14n,其针对每个扇区覆盖 90° 区域,以在四个扇区中

逐个扇区地将第一传感器环 3 的耦合信号聚集在一起（在附图中指示了一个扇区 13a）。以比较方式评估第一传感器环 3 的逐个扇区地聚集在一起的耦合信号，结果，能够主要补偿第一传感器环 3 的误差谱的低频分量因此补偿旋转编码器 100 总体的误差谱的低频分量。

[0085] 为了降低或避免 AC 电压信号的干扰和对耦合信号的正弦形式的损害，第一耦合电极 5a、5i 在各种情况下完全被电屏蔽保护电极环 17 围绕。各个保护电极环的径向范围以及第一耦合电极 5a、5i 和第二耦合电极 6a、6i 的径向范围可选地以第二耦合电极 6a、6i 比第一耦合电极 5a、5i 长得多以至于它们还覆盖保护电极环 17 的区域的方式彼此匹配。换句话说，第二耦合电极 6a、6i 的径向范围等于第一耦合电极 5a、5i 以及保护电极环 17 一起的径向范围。

[0086] 为了使直接相邻的第一耦合电极 5a、5i 之间的距离保持尽可能小，同时，为了维持第一耦合电极 5a、5i 的正弦形式因此维持耦合信号的正弦特性，按照使直接相邻的第一耦合电极 5a、5i 的相反侧形成大致直线 18 的方式，来选择第一耦合电极 5a、5i 的形式，如在根据图 7 的示例中那样。由于其相对大的径向范围，这在第一传感器环的发射电极 5a 中特别显著。通过这种成形，实现旋转编码器 100 的紧凑设计和尽可能高的发射电极密度。

[0087] 图 8a 和图 8b 以示例性方式示出根据图 7 的旋转编码器的总体误差谱。根据图 8a 的误差谱示出执行自补偿或自校准之前的各个谐波的误差分量。相对大的角度误差或高的幅值可以被识别，例如在低频区段（主要在一次谐波处）和在高频区段中；这些在图 8a 中通过小箭头标记。

[0088] 图 8b 示出自补偿之后的误差谱。由于第一传感器环和第二传感器环的相互匹配，例如基于第一相排列和第二相排列的匹配选择，并且由于第一传感器环的耦合信号被逐个扇区聚集在一起及其对比评估，实现极大地降低了角度误差（尤其是在小箭头标记的点处可识别）。由第二传感器环的对应分量补偿第一传感器环的弱点，例如由于定子和 / 或转子的盘面的如同不均匀的变形、AC 电压和 / 或耦合信号的串扰、与理想 AC 电压信号的偏差等造成，反之亦然，通过按照耦合信号将至少一个传感器环细分为扇区来补偿全局误差源，诸如盘的偏心或其摇摆。因此，本发明相比于根据现有技术的电容式绝对旋转编码器提供一种改进的误差自补偿旋转编码器，因此使得能够相比于根据现有技术的电容式绝对旋转编码器精确得多地确定角度。

[0089] 理解上面示出和说明的图仅示意性例示可能的示例性实施方式。具体地，参考以下事实：明确描绘和说明的示例能无例外地均彼此分开地并且彼此任意组合地使用，作为电容式旋转编码器，这些示例也可与来自现有技术的对应的设备和方法组合。

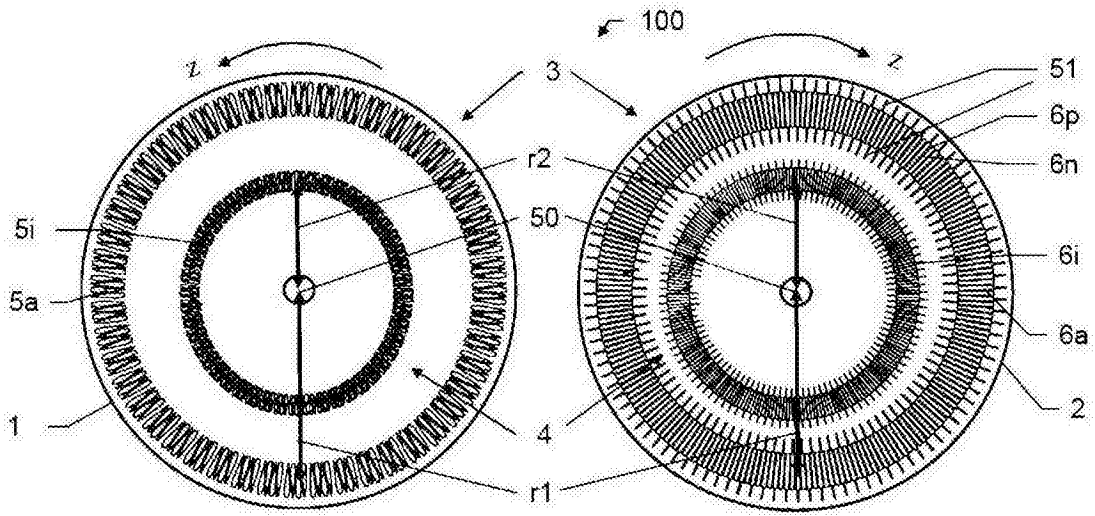


图 1

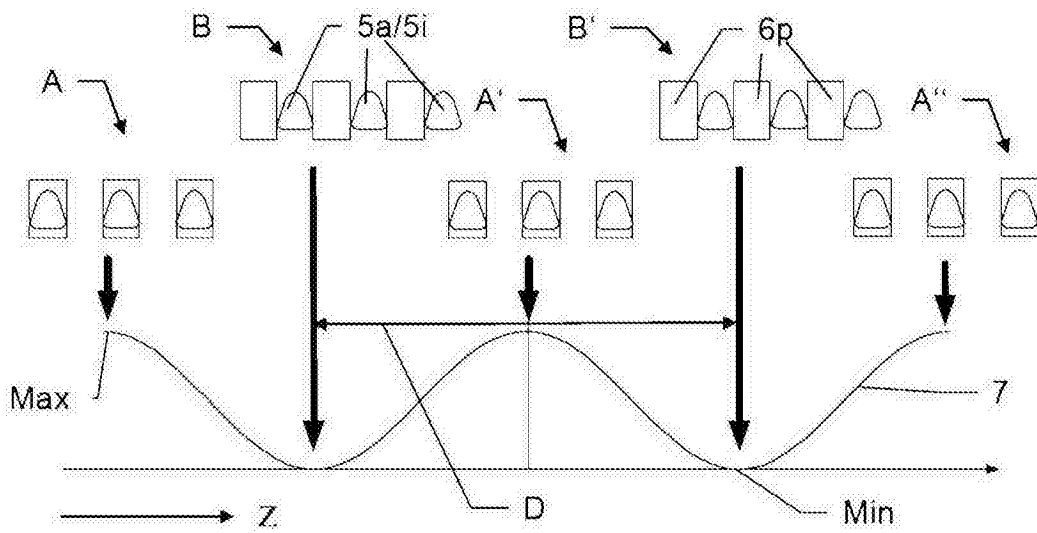


图 2a

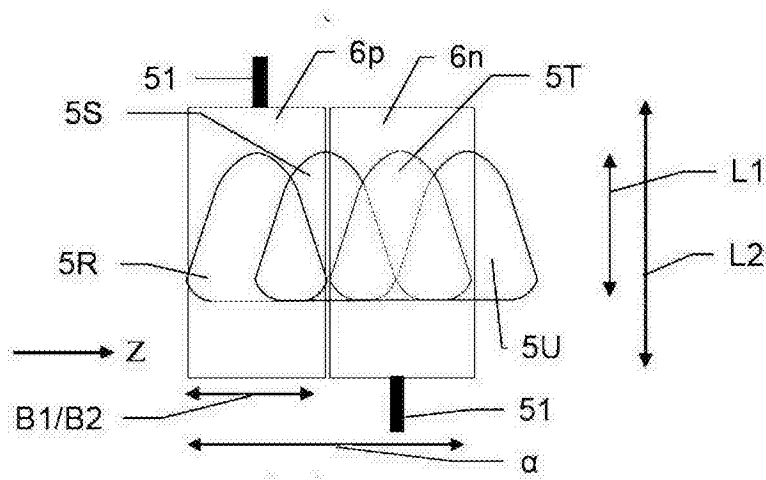


图 2b

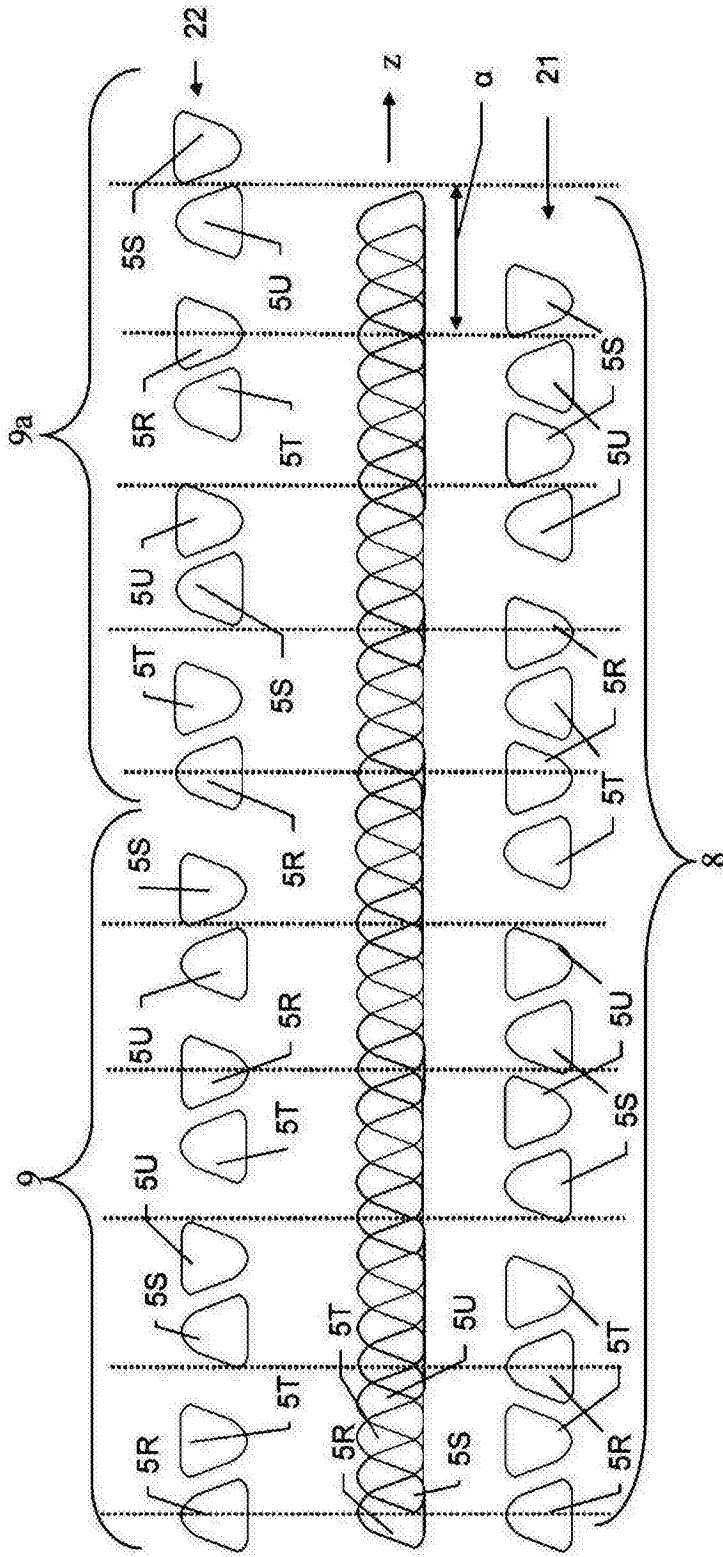


图 2c

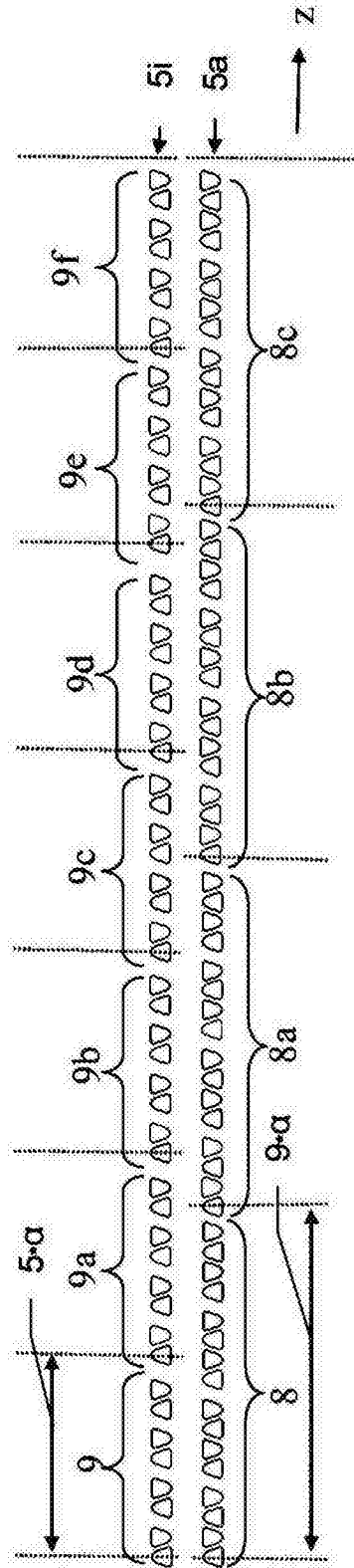


图 3

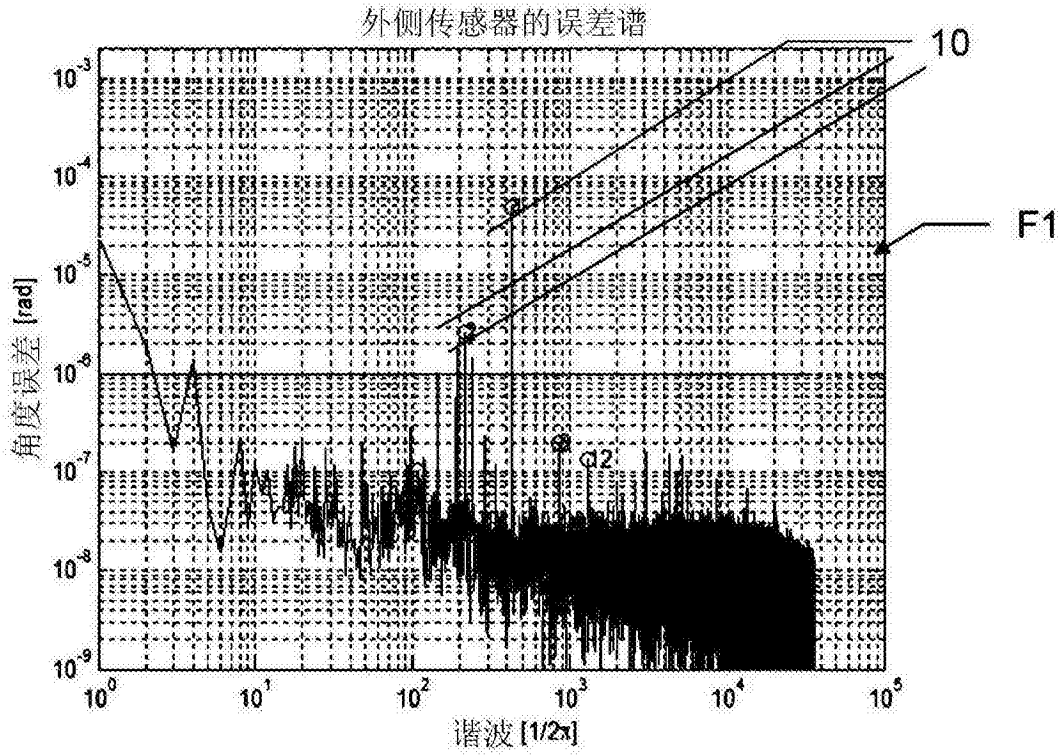


图 4a

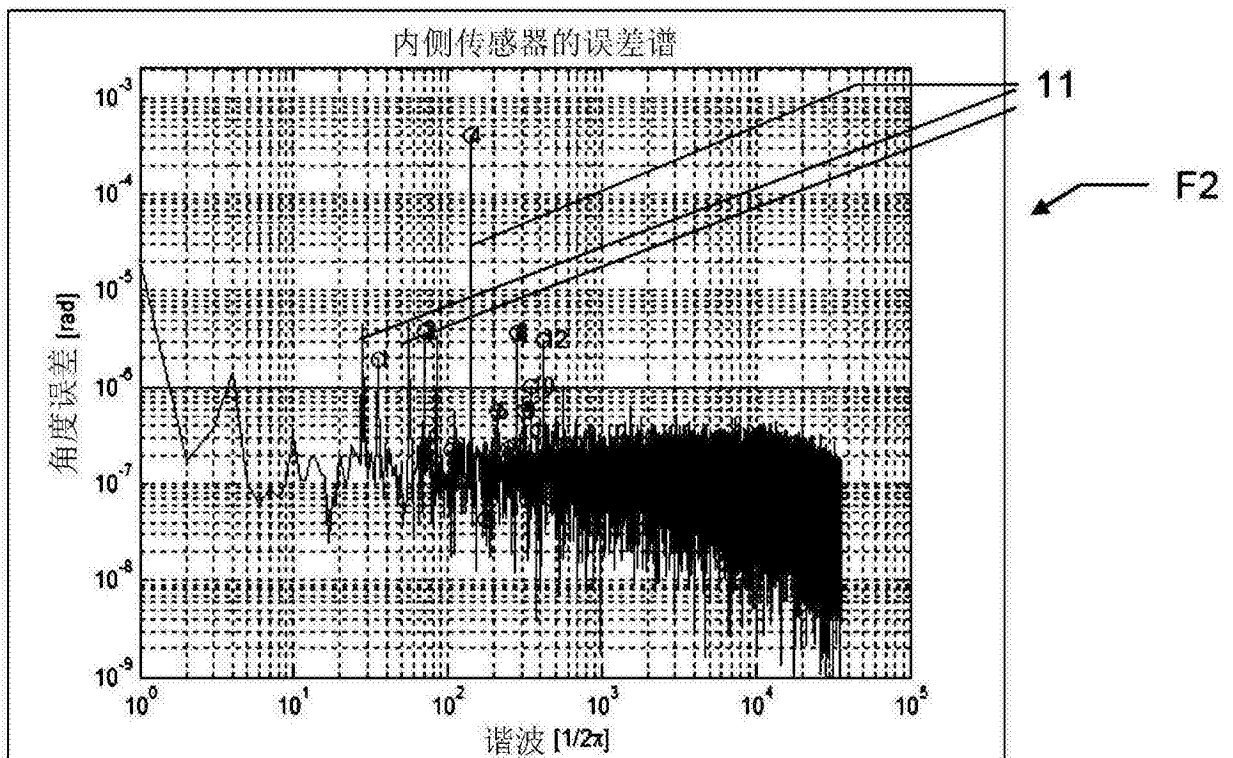


图 4b

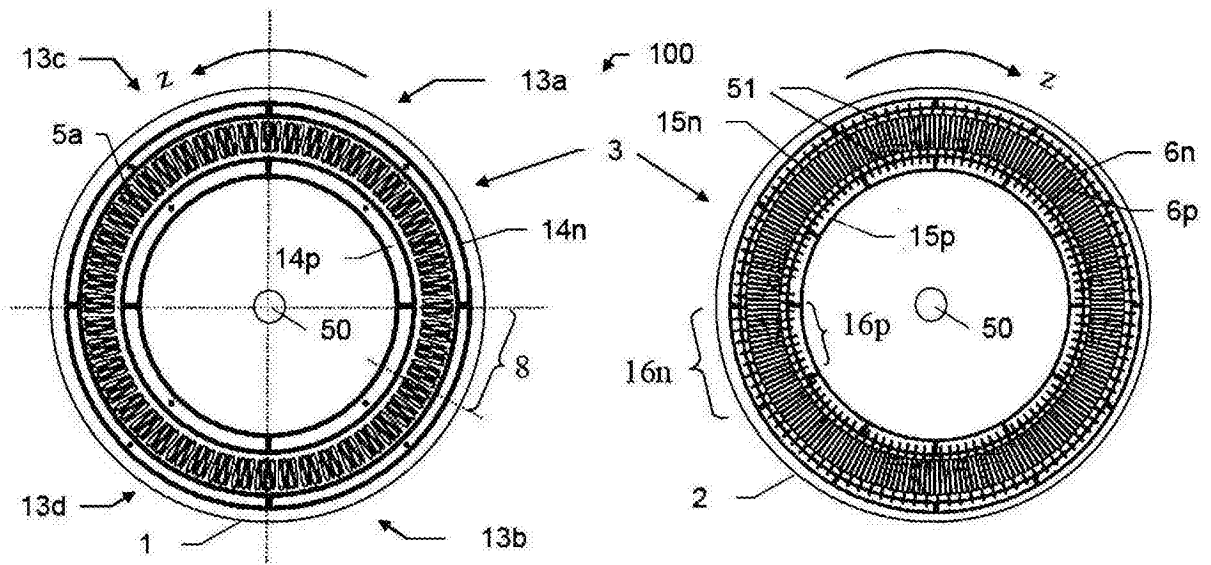


图 5

	ADC 1				ADC 2			
扇区	13a	13b	13c	13d	13a	13b	13c	13d
S1	n	n	n	n	p	p	p	p
S2	p	p	p	p	n	n	n	n
S3	n	n	p	p	p	p	n	n
S4	p	p	n	n	n	n	p	p
S5	n	p	p	n	p	n	n	p
S6	p	n	n	p	n	p	p	n

图 6

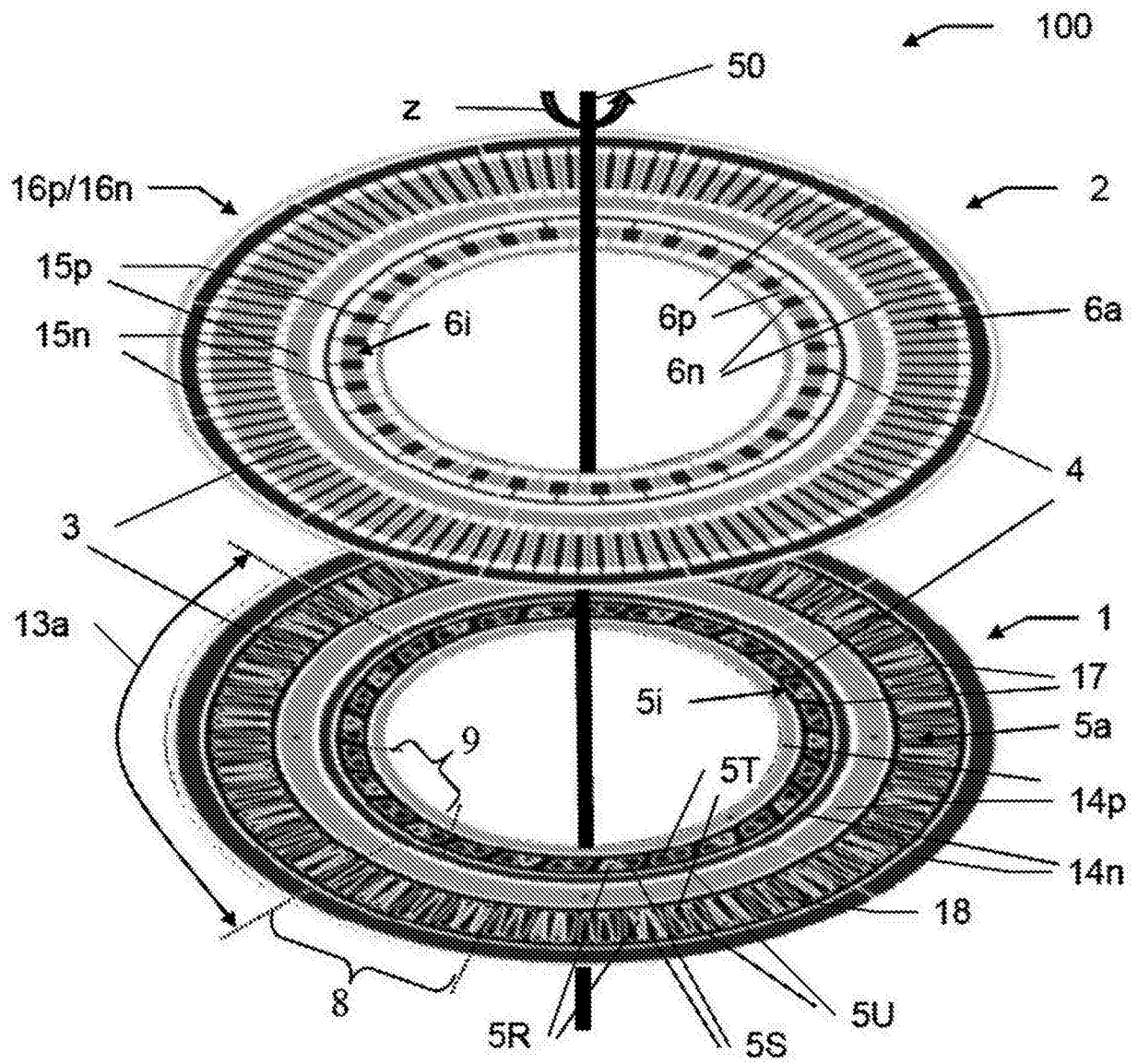


图 7

角度误差 [μrad]

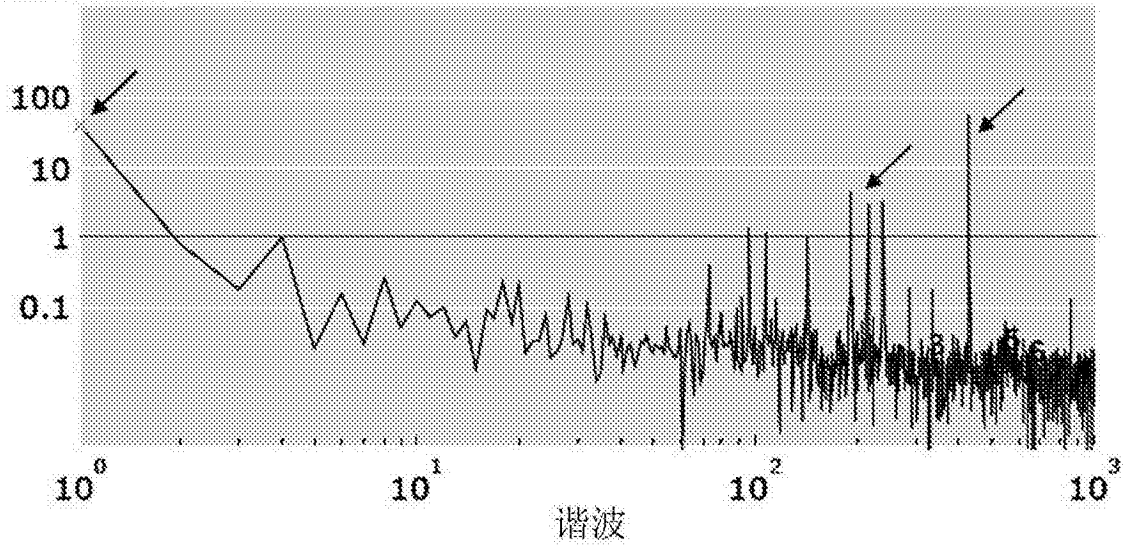


图 8a

角度误差 [μrad]

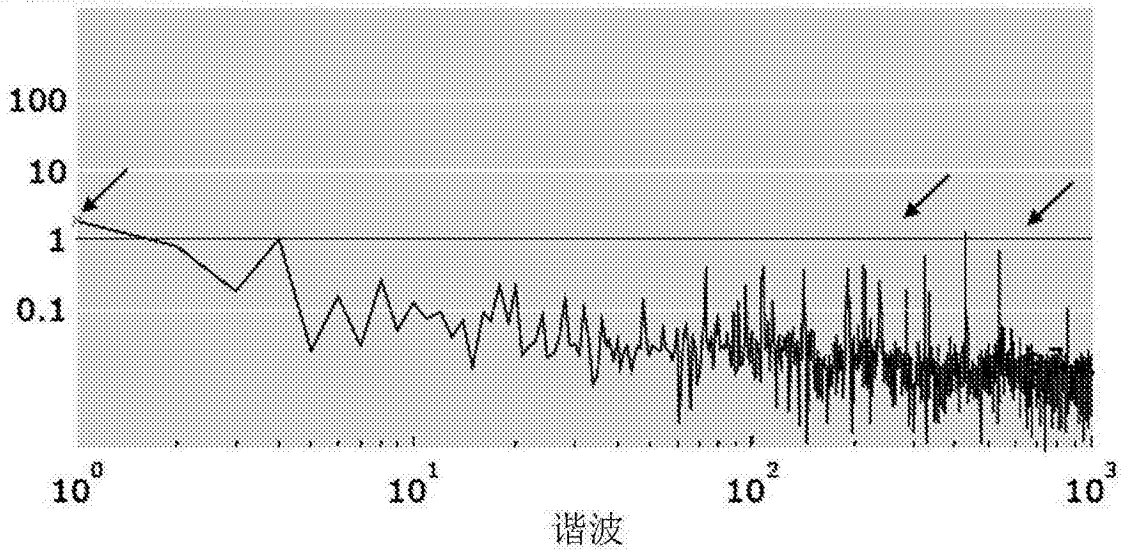


图 8b