



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110998244 B

(45) 授权公告日 2022.06.17

(21) 申请号 201980003659.3

(22) 申请日 2019.04.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110998244 A

(43) 申请公布日 2020.04.10

(30) 优先权数据
2018-092021 2018.05.11 JP(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.01.20(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2019/017642 2019.04.25(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/216235 JA 2019.11.14(73) 专利权人 株式会社三共制作所
地址 日本东京

(72) 发明人 胜又一久 高桥直幸

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

专利代理师 韩卉

(51) Int.Cl.

G01D 5/245 (2006.01)

G01D 5/244 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101400971 A, 2009.04.01

CN 102449692 A, 2012.05.09

CN 1221169 A, 1999.06.30

CN 101371105 A, 2009.02.18

JP 2006098392 A, 2006.04.13

US 2015280627 A1, 2015.10.01

JP 2013228312 A, 2013.11.07

JP 2009276261 A, 2009.11.26

JP 2002303537 A, 2002.10.18

张坤 等. 磁电编码器的测量误差分析及倾斜消差滤波.《兵器装备工程学报》.2016, 第37卷(第12期), 第113-117页.

Ellin A. 等. The design and application of rotary encoders.《Sensor Review》.2008, 第58卷(第2期), 第150-158页.

审查员 杜培笑

权利要求书1页 说明书12页 附图11页

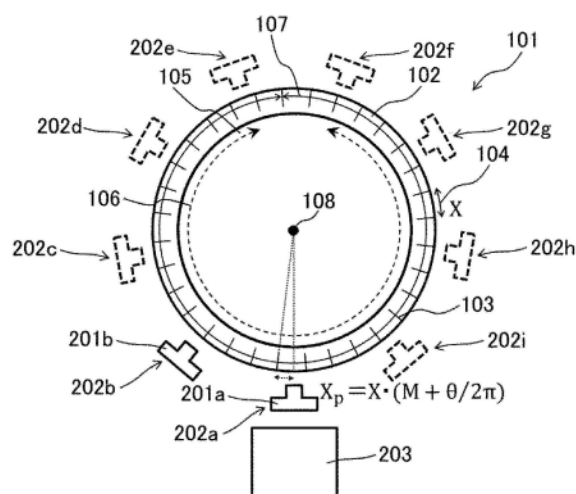
(54) 发明名称

角度检测器

(57) 摘要

本发明提供一种检测由旋转体的旋转引起的角度变化量的角度检测器。该角度检测器(101)具备以旋转轴线为中心旋转的旋转体(105)、沿着旋转体的旋转方向的一周具有多个刻度(103)的刻度标尺(102)、以及沿着一周配置的多个传感器(201a、201b), 各传感器(201a、201b)基于多个刻度(103)输出与角度变化量对应的信号, 输出信号包含以多个刻度(103)中的1个刻度量为1周期1次的基波分量和以基波分量的2以上的整数倍为次数的高次谐波分量, 根据输出信号计算出的角度位移量包含由高次谐波分量引起、以1个刻度量为1周期1次而具有其整数倍的次数分量的角度误差分量, 多个传感器

(201a、201b)的个数基于刻度标尺的刻度数及角度误差分量的次数分量来决定。



1. 一种角度检测器,所述角度检测器具备以旋转轴线为中心旋转的旋转体、沿着所述旋转体的旋转方向的一周具有多个刻度的刻度标尺、以及沿着所述一周配置的至少2个传感器,检测由所述旋转体的旋转引起的角度变化量,其中,

所述至少2个传感器分别基于所述多个刻度来输出与所述角度变化量对应的输出信号,

所述输出信号包含以所述多个刻度中的1个刻度量为1周期1次的基波分量和以所述基波分量的2以上的整数倍为次数的高次谐波分量,根据所述输出信号计算出的所述角度变化量包含至少1个角度误差分量,所述至少1个角度误差分量由所述高次谐波分量引起,以1个刻度量为1周期1次而具有其整数倍的次数分量,

所述至少2个传感器的个数基于不能除尽所述刻度标尺的刻度数与所述至少1个角度误差分量的次数分量即1以上的整数之乘积的整数来决定,还基于将所述乘积除以所述不能除尽的整数时的余数来决定。

2. 根据权利要求1所述的角度检测器,其中,

所述至少1个角度误差分量是多个角度误差分量,所述至少2个传感器的个数基于所述刻度标尺的刻度数及所述多个角度误差分量各自的次数分量来决定。

3. 根据权利要求1所述的角度检测器,其中,

所述至少2个传感器的个数还基于与所述余数的大小对应的加权来决定。

4. 根据权利要求1所述的角度检测器,其中,

沿着所述一周大致等间隔地设定与所述不能除尽的整数一致的数量的传感器预定配置部位,在所述传感器预定配置部位中的任意部位,每处一个地配置有所述至少2个传感器。

5. 根据权利要求4所述的角度检测器,其中,

在所述传感器预定配置部位中的相邻的2个部位,每处一个地配置有所述至少2个传感器。

6. 根据权利要求4所述的角度检测器,其中,

在所述传感器预定配置部位中的每一个部位,每处一个地配置有所述至少2个传感器。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的角度检测器,其中,

所述至少1个角度误差分量根据所述至少2个传感器的种类而不同。

8. 根据权利要求1至6中任一项所述的角度检测器,其中,

通过求出来自所述至少2个传感器中的1个传感器的输出信号与来自其他的传感器的输出信号之间的输出信号差来进行自我校正。

角度检测器

技术领域

[0001] 本发明涉及用于检测由旋转体的旋转运动引起的角度变化量的角度检测器。

背景技术

[0002] 为了检测由旋转体的旋转运动引起的角度变化量,使用编码器、旋转变压器、感应同步器等角度检测器。角度检测器具备配置有多个刻度的刻度标尺、读取该多个刻度的传感器、以及将来自传感器的读取信息转换为旋转体的角度变化量的控制部。刻度标尺和传感器中的任一方向安装于旋转体。为了以更高分辨率读取旋转体的角度变化量,缩短刻度标尺的1个刻度的角度间隔即可,但刻度例如通过加工刻出,因此无法无限地变精细。为了更详细地测定旋转体的角度变化量,有通过控制部对基于来自传感器的读取信息的输出信号进行数值运算,精细地对1个刻度进行分割的方法。来自角度检测器所使用的传感器的输出信号通常为矩形波或正弦波的形状,往往是以1个刻度为1周期 360° 、相位相差 90° 的二相信号。在来自传感器的输出信号为正弦波信号的情况下,二相信号为以1个刻度为1个周期的 $\cos\theta$ 、 $\sin\theta$ 的形状。作为分割1个刻度的方法,例如有对二相信号进行反正切运算的方法(即, $\theta = \tan^{-1}(\sin\theta/\cos\theta)$)。在该方法中,能够根据来自传感器的输出信号的振幅的检测分辨率来提高角度分辨率。但是,在来自传感器的输出信号中,除了理想的1刻度1周期的正弦波信号之外,还包含高次谐波分量的失真,因此不仅旋转体的真正的角度变化量被测定,根据高次谐波分量的失真,与真正的角度变化量无关的量也包含在内被测定。即,在由基于指令的旋转体的旋转引起的真正的角度变化量与通过控制部对来自传感器的输出信号进行转换而得到的测定的角度变化量之间,产生由高次谐波分量的影响引起的与真正的角度变化量无关的误差(角度误差)。为了测定真正的角度变化量以及角度误差,需要消除来自传感器的输出信号所包含的高次谐波分量的失真。

[0003] 并且,在角度检测器中,旋转体的旋转轴线与刻度标尺的中心轴线优选配置在同轴线上。但是,一般而言,这些轴线不完全一致,由于这些轴线间的偏移(轴线偏心),在由基于指令的旋转体的旋转引起的真正的角度变化量与通过控制部对来自传感器的输出信号进行转换而得到的测定的角度变化量之间产生角度误差。另外,刻度标尺的刻度例如通过加工刻出,因此存在如下质量问题:刻度图案中心和刻度标尺的旋转中心本身偏移、1个刻度的间隔相对于理想值具有误差而在多个刻度中变得不均等等。此外,由于角度检测器本身的检测精度也随着构成零件的劣化而老化等,因此,由此也会在由旋转体的旋转引起的真正的角度变化量与通过控制部对来自传感器的输出信号进行转换而得到的测定的角度变化量之间产生角度误差。

[0004] 由于这样的问题,在专利文献1中公开了检测并消除相位相差 90° 的二相正弦波状信号所包含的3次的高次谐波分量的失真的方法,在专利文献2中公开了检测并消除相位相差 90° 的二相正弦波状信号所包含的3次及5次的高次谐波分量的失真的方法。

[0005] 另外,在专利文献3~5中公开了一种角度检测器,该角度检测器在固定于旋转轴线的刻度盘的周围具备多个第1刻度读取头和1个第2刻度读取头,如下所述,通过求出第2

刻度读取头的角度信号 $A_{i,1}$ 与各第1刻度读取头的角度信号 $A_{i,j}$ 之差 $SA_{i,j}$ 并得到平均值 SAV_i 来进行自我校正。在此, i 是刻度编号($1 \sim N_G$ 的整数, N_G 是刻度的总数), j 是刻度读取头编号($1 \sim N_H$ 的整数, N_H 是刻度读取头的总数)。

[0006] [数学式1]

[0007] $SA_{i,j} = A_{i,1} - A_{i,j}$

[0008] $SAV_i = \frac{1}{N_H} \sum_{j=1}^{N_H} SA_{i,j}$

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:日本特开2006-112862号公报

[0012] 专利文献2:日本特开2008-304249号公报

[0013] 专利文献3:日本特开2006-98392号公报

[0014] 专利文献4:日本特开2011-99802号公报

[0015] 专利文献5:日本特开2011-99804号公报

发明内容

[0016] 发明所要解决的课题

[0017] 在专利文献1、2中,能够检测并消除由起因于传感器的特定的高次谐波分量的失真引起的电角度误差。但是,在来自传感器的输出信号中根据刻度的精度、传感器的特性或方式等而包含各种高次谐波分量的失真,若仅能够检测特定的高次谐波分量的失真,则无法相对于各种传感器统一地消除高次谐波分量的失真。例如,在传感器的读取方式为光学式的情况和磁式的情况之间失真的特性完全不同,即使是磁式的情况下读取的刻度为磁化环的情况和齿轮的情况之间失真的特性也完全不同。另外,在使用放大来自传感器的输出信号的放大器等设备的情况下,也会产生由它们的特性引起的高次谐波分量的失真。由此,有时即使在某种情况下能够消除高次谐波分量的失真,在其他情况下也无法消除高次谐波分量的失真。

[0018] 在专利文献3~5中,角度检测器能够检测并消除由于旋转体的旋转轴线与刻度标尺的中心轴线的轴线偏心、刻度标尺的质量、角度检测器的老化等而产生的机械角度误差。为了使用该方法更高精度地得到旋转体的角度变化量,缩短1个刻度的角度间隔、使用高精度的刻度读取头等是有效的,但容易导致角度检测器的高成本化。但是,若为了低成本化而使用刻度的间隔宽的刻度标尺或精度低的刻度读取头,则刻度读取头输出的信号所包含的高次谐波分量对电角度误差产生影响的量变大,表现为比机械角度误差更具主导性的误差,因此无法高精度地得到旋转体的角度变化量。

[0019] 因此,本发明的目的在于提供一种角度检测器,不仅能够消除因传感器引起的电角度误差,还能够同时消除因旋转体的安装精度、刻度标尺的质量、角度检测器的老化等引起的机械角度误差,能够高精度地得到旋转体的角度变化量,实现低成本化。

[0020] 用于解决课题的手段

[0021] 根据本发明的一个观点,角度检测器具备以旋转轴线为中心旋转的旋转体、沿着

旋转体的旋转方向的一周具有多个刻度的刻度标尺、以及沿着旋转体的旋转方向的一周配置的至少2个传感器,检测由旋转体的旋转引起的角度变化量,至少2个传感器分别基于多个刻度而输出与角度变化量对应的信号,输出信号包含以多个刻度中的1个刻度量为1周期1次的基波分量和以基波分量的2以上的整数倍为次数的高次谐波分量,根据输出信号计算出的角度位移量包含至少1个角度误差分量,所述至少1个角度误差分量由高次谐波分量引起,以1个刻度量为1周期1次而具有其整数倍的次数分量,至少2个传感器的个数基于刻度标尺的刻度数及至少1个角度误差分量的次数来决定。

[0022] 根据本发明的一个具体例,在角度检测器中,至少一个角度误差分量是多个角度误差分量,至少2个传感器的个数基于刻度标尺的刻度数及多个角度误差分量各自的次数来决定。

[0023] 根据本发明的一个具体例,在角度检测器中,至少2个传感器的个数基于不能除尽刻度标尺的刻度数与至少1个角度误差分量的次数即1以上的整数之乘积的整数来决定。

[0024] 根据本发明的一个具体例,在角度检测器中,至少2个传感器的个数还基于将刻度标尺的刻度数与角度误差分量的次数之乘积除以不能除尽的整数时的余数来决定。

[0025] 根据本发明的一个具体例,在角度检测器中,至少2个传感器的个数还基于与将刻度标尺的刻度数与角度误差分量的次数之乘积除以不能除尽的整数时的余数的大小对应的加权来决定。

[0026] 根据本发明的一个具体例,在角度检测器中,在旋转体的旋转方向的一周大致等间隔地设定与不能除尽的整数一致的数量的传感器预定配置部位,在传感器预定配置部位中的任意部位,每处一个地配置有至少2个传感器。

[0027] 根据本发明的一个具体例,在角度检测器中,在传感器预定配置部位中的相邻的2个部位,每处一个地配置有至少2个传感器。

[0028] 根据本发明的一个具体例,在角度检测器中,在传感器预定配置部位中的每一个部位,每处一个地配置有至少2个传感器。

[0029] 根据本发明的一个具体例,在角度检测器中,至少1个角度误差分量根据至少2个传感器的种类而不同。

[0030] 根据本发明的一个具体例,角度检测器通过求出来自至少2个传感器中的1个传感器的输出信号与来自其他的传感器的输出信号之间的输出信号差来进行自我校正。

[0031] 发明效果

[0032] 根据本发明,角度检测器能够同时消除因来自传感器的输出信号所包含的失真引起的电角度误差和因旋转体的安装精度、刻度标尺的质量、角度检测器的老化等引起的机械角度误差,能够高精度地得到旋转体的角度变化量,另外,角度检测器能够不取决于传感器而统一地高精度地得到旋转体的角度变化量。并且,根据本发明,能够使用低价且精度低的传感器来大幅提高旋转体的角度变化量的精度,无需使用以往的高价且精度高的传感器,能够实现角度检测器的低成本化。

[0033] 此外,本发明的其他目的、特征及优点由与附图相关的以下的本发明的实施例的记载而明确。

附图说明

[0034] 图1A是表示作为本发明的一实施方式的、对安装有刻度标尺的旋转体的角度变化量进行检测的角度检测器的概略图。

[0035] 图1B是表示作为本发明的其他实施方式的、对安装有刻度标尺的旋转体的角度变化量进行检测的角度检测器的概略图。

[0036] 图2A是表示作为本发明的其他实施方式的、对安装有至少2个传感器的旋转体的角度变化量进行检测的角度检测器的概略图。

[0037] 图2B是表示作为本发明的其他实施方式的、对安装有至少2个传感器的旋转体的角度变化量进行检测的角度检测器的概略图。

[0038] 图3是图1A~图2B的角度检测器的控制部的概略图。

[0039] 图4A表示在传感器检测到1个刻度中的位置时输出的伪正弦波信号。

[0040] 图4B表示根据图4A的伪正弦波信号计算出的、相对于1个刻度中的位置的测定角度和理想角度。

[0041] 图4C表示根据图4A的伪正弦波信号计算出的、相对于1个刻度中的位置的测定角度与理想角度之间的角度误差。

[0042] 图5A是表示使刻度数一定,基于刻度标尺一周的角度误差次数除以传感器预定配置部位数而能除尽/不能除尽来进行判定的结果的表。

[0043] 图5B是表示使刻度数一定,基于与刻度标尺一周的角度误差次数除以传感器预定配置部位数时的余数的大小对应的加权进行判定的结果的表。

[0044] 图5C是表示使传感器预定配置部位数一定,基于与刻度标尺一周的角度误差次数除以传感器预定配置部位数时的余数的大小对应的加权进行判定的结果的表。

[0045] 图6A表示由传感器引起的电角度误差和由旋转体的安装精度等引起的机械角度误差被消除前的相对于旋转体的指令角度的角度误差。

[0046] 图6B是将旋转体的指令角度换算成刻度时的图6A的一部分的放大图。

[0047] 图6C表示通过对由传感器引起的电角度误差和由旋转体的安装精度等引起的机械角度误差被消除前的以旋转体的一周为1周期1次的角度误差执行傅里叶变换而得到的谱强度。

[0048] 图7A表示由传感器引起的电角度误差和由旋转体的安装精度等引起的机械角度误差被消除后的相对于旋转体的指令角度的角度误差。

[0049] 图7B是将旋转体的指令角度换算成刻度时的图7A的一部分的放大图。

[0050] 图7C表示通过对由传感器引起的电角度误差和由旋转体的安装精度等引起的机械角度误差被消除后的以旋转体的一周为1周期1次的角度误差执行傅里叶变换而得到的谱强度。

具体实施方式

[0051] 以下,参照附图对本发明的实施例进行说明,但本发明并不限于这些实施例。

[0052] 图1A~图2B表示角度检测器101,该角度检测器101具备:旋转体105,其以旋转轴线108为中心旋转;刻度标尺102,其沿着旋转体105的旋转方向106的一周具有多个刻度103;以及至少2个传感器201a~201i,其沿着旋转体105的旋转方向106配置于传感器预定

配置部位202a~202i。在此,刻度标尺102所具有的刻度103不仅仅是例如通过加工实际刻在刻度标尺102上那样的能够在视觉上识别的刻度,只要是使刻度标尺102中的规定的位置间隔为1个刻度量的间隔并能够使传感器201a~201i读取的刻度即可,刻度标尺102是配置有多个这样的刻度103的构件。作为角度检测器101的代表例,有编码器、旋转变压器、感应同步器等,但只要能够应用本发明,则原理没有特别限定。另外,传感器201a~201i只要能够读取刻度标尺102的刻度103即可,原理没有特别限定。作为传感器201a~201i,例如有光学式传感器、磁式传感器、线圈等。另外,刻度标尺102只要能够供传感器201a~201i读取刻度103即可,材质、刻度103的配置方法等没有限制。传感器201a~201i沿着旋转体105的旋转方向106的一周107、即沿着整周配置于传感器预定配置部位202a~202i。角度检测器101通过使用沿着旋转方向106配置的多个刻度103而基于来自传感器201a~201i的输出信号来检测由旋转体105的旋转引起的角度变化量 X_p 。传感器201a~201i分别基于多个刻度103而输出与由旋转体105的旋转引起的角度变化量对应的信号204。在此,用X表示相邻的2个刻度103间的宽度、即1个刻度的角度间隔104。

[0053] 在图1A中,示出了沿着旋转体105的一周107配置有2个传感器201a、201b,对安装有刻度标尺102的沿着旋转方向106旋转的旋转体105的角度变化量 X_p 进行检测的角度检测器101,在图1B中,示出了沿着旋转体105的一周107配置有9个传感器201a~201i,对安装有刻度标尺102的沿着旋转方向106旋转的旋转体105的角度变化量 X_p 进行检测的角度检测器101,在图2A中,示出了沿着旋转体105的一周107配置有3个传感器201a、201b、201d,对安装有3个传感器201a、201b、201d的沿着旋转方向106旋转的旋转体105的角度变化量 X_p 进行检测的角度检测器101,在图2B中,示出了沿着旋转体105的一周107配置有9个传感器201a~201i,对安装有9个传感器201a~201i的沿着旋转方向106旋转的旋转体105的角度变化量 X_p 进行检测的角度检测器101。

[0054] 如图3所示,角度检测器101还具备控制部203,该控制部203与传感器201a~201i连接,将传感器201a~201i的读取信息转换为旋转体105的角度变化量 X_p 。转换后的角度变化量 X_p 也可以向显示装置211等输出,或者反馈给驱动旋转体105的电动机、旋转体105的控制装置等。

[0055] 传感器201a~201i一般在产生与刻度标尺102的相对运动时,能够基于读取的刻度103和1个刻度的角度间隔104,输出根据以多个刻度103中的1个刻度为1周期1次的角度变化量而振幅发生变化的输出信号204。另外,控制部203能够从来自传感器201a~201i的输出信号204和数到某一时间为止的刻度检测数M,转换为旋转体105的角度变化量 X_p 。如图1A~图2B所示,在通过刻度标尺102与传感器201a~201i之间的相对运动,例如,从传感器201a~201i分别作为输出信号204输出如图5A所示的相位相差 90° 的2个伪正弦波信号(A相信号($A^{(0)}$)以及B相信号($B^{(0)}$))的情况下,控制部203获取由传感器201a~201i分别输出的伪正弦波信号,通过对来自各传感器201a~201i的2个伪正弦波信号中的相位滞后 90° 的一方的伪正弦波信号(B相信号($B^{(0)}$))除以另一方的伪正弦波信号(A相信号($A^{(0)}$))得到的结果进行反正切运算而分割1个刻度,如下这样计算旋转体105的临时的角度变化量 $X_p^{(0)}$ 。

[0056] [数学式2]

$$[0057] \quad X_p^{(0)} = X \cdot \left(M + \frac{\theta^{(0)}}{2\pi} \right) = X \cdot \left(M + \tan^{-1} \left(\frac{B^{(0)}}{A^{(0)}} \right) / 2\pi \right)$$

[0058] 在此, $\theta^{(0)} = \tan^{-1} (B^{(0)} / A^{(0)})$ 被数值处理为 $0 \sim 2\pi$ 的范围。另外, 刻度检测数 M 在 $\theta^{(0)} = \tan^{-1} (B^{(0)} / A^{(0)})$ 超过 0 和 2π 的边界的定时, 能够通过使其计数值增减等处理来检测, 关于其方法没有限制。如图1A~图2B所示, 将刻度标尺102或传感器201a~201i安装于旋转体105而使其旋转的情况下, 控制部203能够计算出由旋转体105的旋转引起的角度位移量 X_p 。

[0059] 但是, 在该计算出的临时的角度变化量 $X_p^{(0)}$ 与理想的应由角度检测器101得到的旋转体105的角度变化量 X_{pideal} 之间产生误差(理想的情况下, 优选为 $X_p = X_{pideal}$)。在进行了旋转指令以使图1A~图2B的旋转体105以等速旋转运动而使旋转体105的角度变化时, 如图4B所示, 理想的情况下, 假设旋转体105能够相对于指令值无误差地进行旋转运动, 则随着旋转体105的角度由于旋转体105的旋转运动而增加, 根据来自传感器201a~201i的输出信号204计算出的角度变化量 X_p 线性地增加, 在旋转体105的角度与理想的角度变化量 X_{pideal} 之间没有角度误差。但是, 实际上, 在根据来自传感器201a~201i的输出信号204计算出的角度变化量 X_p 与理想的角度变化量 X_{pideal} 之间会产生角度误差。该角度误差的一个原因在于, 在计算出的角度变化量 X_p 中, 包含在随着旋转体105的旋转而检测出多个刻度103的过程中由于旋转体105的旋转轴线108与刻度标尺102的中心轴线的轴线偏心、刻度标尺102的质量、角度检测器101的老化等而产生的多余的量(称为机械角度误差), 另外, 在输出信号204中包含因传感器201a~201i的特性引起的多余的失真(将因传感器201a~201i的特性引起的角度误差称为电角度误差)。更具体而言, 由该传感器201a~201i引起的电角度误差的原因在于, 来自传感器201a~201i的输出信号包含以多个刻度103中的1个刻度量为1周期1次的基波分量和以基波分量的2以上的整数倍为次数的高次谐波分量。例如, 在从传感器201a~201i分别作为输出信号204输出如图4A所示的相位相差 90° 的2个伪正弦波信号(A相信号 $A^{(0)}$ 以及B相信号 $B^{(0)}$) 的情况下, 从传感器201a~201i输出的2个伪正弦波信号包含以多个刻度103中的1个刻度量为1周期1次的成为理想波的基波分量 $\cos(\theta)$ 、 $\sin(\theta)$ 和如下所示以基波分量的2以上的整数倍为次数的高次谐波分量(次数 k 为2以上的整数的情况下的分量)时, 该传感器201a~201i的高次谐波分量在如上述[数学式2]那样进行反正切运算时对角度变化量 X_p 产生影响, 如图4C所示, 产生电角度误差。

[0060] [数学式3]

$$[0061] \quad A^{(0)} = \cos(\theta) + \sum_{k=2}^{\infty} a_k \cdot \cos(k \cdot \theta + \phi a_k)$$

$$[0062] \quad B^{(0)} = \sin(\theta) + \sum_{k=2}^{\infty} b_k \cdot \sin(k \cdot \theta + \phi b_k)$$

[0063] 在此, a_k 以及 b_k 是将以1个刻度为1周期的1次的基波分量的振幅设为1时的次数 k 的高次谐波分量的增益, ϕa_k 以及 ϕb_k 是次数 k 的高次谐波分量相对于基波分量的相位差。此外, 一般而言, a_k 、 b_k 、 ϕa_k 、 ϕb_k 即使是不同的刻度103也不变化, 或者即使变化也差异

较小。此外, a_k 、 b_k 、 φa_k 、 φb_k 根据传感器201a~201i、刻度标尺102的特性、检测原理来决定,例如,如果传感器201a~201i是光检测型传感器,则根据刻度标尺102的刻度图案的反射·透射特性、受光部的灵敏度特性来决定,如果传感器201a~201i是半导体磁阻型传感器,则根据半导体的磁阻特性来决定,另外,在使用半导体磁阻型传感器的情况下,若在磁检测中使用正齿轮,则根据齿的形状特性来决定。这样,输出信号204所包含的高次谐波分量根据传感器201a~201i等的种类而不同。此外,传感器201a~201i优选为输出包含实质上相同的基波分量以及高次谐波分量的输出信号204的传感器。例如,传感器201a~201i也可以是同一种类。

[0064] 另外,如上所述,角度误差不仅包括因传感器201a~201i的特性引起的电角度误差,还包括因旋转体105的安装精度、刻度标尺102的质量、角度检测器101的老化等引起的机械角度误差。

[0065] 因此,为了消除因传感器201a~201i的特性引起的电角度误差、以及因旋转体105的安装精度、刻度标尺102的质量、角度检测器101的老化等引起的机械角度误差,如上所述,角度检测器101具备:刻度标尺102,其沿着旋转体105的旋转方向106的一周具有多个刻度103;以及至少2个传感器201a~201i,其沿着旋转体105的旋转方向106的一周配置于传感器预定配置部位202a~202i,并且,如图3所示,控制部203具备信号处理部209,该信号处理部209对来自这些传感器201a~201i的输出信号204进行运算处理。

[0066] 此外,控制部203也可以具备:输入部205,其用于在由信号处理部209进行的输出信号204的运算处理之前,获取输出信号204;噪声滤波器206,其消除输出信号204的噪声;放大器207,其放大输出信号204;以及A/D转换器208,其将输出信号204从模拟值转换为数字值。转换为数字值的输出信号204被输出到信号处理部209。另外,控制部203也可以具备存储部210,该存储部210进行由信号处理部209处理的数据的写入/读出。信号处理部209也可以在输出信号204为相位不同的二相信号的情况下,能够调整二相间的振幅、偏移、相位差。此外,若即使在不进行调整的情况下各传感器的信号特性也为相同水平,则认为这些值大致相同,能够通过本发明消除电角度误差。

[0067] 将来自传感器201a~201i的输出信号204中的一个作为基准传感器(例如,传感器201a),求出来自基准传感器的输出信号204与其他的各传感器(例如,传感器201b~201i)的输出信号204之间的输出信号差,得到求出的与其他的传感器之间的输出信号差的平均值,从而能够得到用于消除机械角度误差的校正值。通过将该校正值与计算出的旋转体105的临时的角度变化量 $X_p^{(0)}$ 进行加减,能够检测出真正的角度变化量 X_p ,角度检测器101对机械角度误差进行自我校正。但是,如果仅将传感器201a~201i沿着旋转体105的旋转方向106配置,则无法消除电角度误差。这是因为如上所述,传感器201a~201i各自的输出信号204包含以多个刻度103中的1个刻度量为1周期1次的基波分量和基波分量的2以上的整数倍为次数的高次谐波分量,根据输出信号204计算出的临时的角度位移量 $X_p^{(0)}$ 包含至少1个角度误差分量,该至少1个角度误差分量由输出信号204的一个以上的高次谐波分量引起,以刻度103的1个刻度量为1周期1次而具有其整数倍的次数分量。

[0068] 为了消除因传感器201a~201i的特性引起的电角度误差,需要基于沿着旋转体105的旋转方向106的一周107的刻度标尺102的刻度数N、以及由来自传感器201a~201i的输出信号204所包含的高次谐波分量引起的1个刻度中的角度误差分量的次数p,适当地选

择沿着旋转体105的旋转方向106的一周107配置的传感器201a~201i的个数。在此,角度误差分量的次数是指角度误差分量所具有的次数,角度误差分量的次数是在以刻度103的1个刻度量为1周期1次时的其整数倍。例如,如图1A~图2B那样,在刻度标尺102的刻度数为32、由输出信号204所包含的高次谐波分量引起的1个刻度中的角度误差分量的次数为p的情况下,基于刻度标尺102的刻度数32以及角度误差分量的次数p,选择沿着一周107配置的传感器201a~201i的个数。此外,角度误差分量的次数p可以通过推定来估计,也可以根据对刻度标尺102的一周中的角度误差分量进行计算得到的结果来决定。作为参考,电角度误差显著出现的角度误差分量的次数p往往为5以下。或者,也可以事先从来自传感器201a~201i的输出信号204中抽取高次谐波分量,并决定需要消除的角度误差分量的次数p。另外,如图3所示,在来自传感器201a~201i的输出信号204经由输入部205、噪声滤波器206、放大器207、A/D转换器208等输入到信号处理部209的情况下,也可以抽取输入到信号处理部209的信号所包含的高次谐波分量,基于需要消除的角度误差分量的次数p来适当地选择传感器201a~201i的个数。

[0069] 另外,根据输出信号204计算出的临时的角度变化量 $X_p^{(0)}$ 包含多个角度误差分量,该多个角度误差分量由输出信号204所包含的1个以上的高次谐波分量引起,以刻度103的1个刻度量为1周期1次而分别具有其整数倍的次数分量,角度误差分量也可以为多个角度误差分量。传感器201a~201i的个数需要基于刻度标尺102的刻度数N以及该多个角度误差分量各自的次数,适当地选择沿着旋转体105的旋转方向106的一周107配置的传感器201a~201i的个数。例如,由于输出信号204的一个以上的高次谐波分量,根据输出信号204计算出的临时的角度变化量 $X_p^{(0)}$ 包含次数 $p=1$ 、 $p=2$ 这2个角度误差分量,在图1A~图2B那样的情况下,基于刻度标尺102的刻度数32以及2个角度误差分量的次数 $p=1$ 和 $p=2$,选择沿着旋转体105的旋转方向106的一周107配置的传感器201a~201i的个数。

[0070] 传感器201a~201i的个数也可以基于不能除尽刻度标尺102的刻度数N与1个刻度中的角度误差分量的次数p之乘积的整数来决定。即,角度误差分量的具体大小等虽然相对于旋转体105的一周而与刻度数相应地以刻度各自的个体差表现,但在1个刻度中产生的角度误差分量的次数p在任意的刻度中都相同,因此刻度标尺102的一周中的电角度误差表现为次数 $N_p=N$ (刻度标尺102的刻度数) $\times p$ (1个刻度中的角度误差分量的次数),也可以基于不能除尽次数 N_p 的整数来决定传感器201a~201i的个数。由此,传感器201a~201i分别能够输出相位不同的输出信号204。即,由传感器201a~201i分别输出的输出信号204所包含的基波分量以及高次谐波分量的相位在各传感器201a~201i中不同。

[0071] 具体而言,相对于刻度标尺102所具有的刻度103的刻度数N即256,假设由于输出信号204的高次谐波分量而在临时的角度变化量 $X_p^{(0)}$ 中包含在1个刻度中具有次数p(1~10)的分量的角度误差分量,将上述刻度数N即256乘以次数p,从而求出刻度标尺102的一周中的电角度误差的次数 N_p ,用 $\times$ 判定该次数 N_p 能够被作为传感器预定配置部位数的整数(5~9)除尽的情况,用 $\bigcirc$ 判定除不尽的情况,将判定的结果表示在图5A中。 $\bigcirc$ 的数量多的传感器预定配置部位数的情况下能够消除更多的次数p的分量所引起的电角度误差。在图5A的情况下,在整数为7或9时,即在传感器预定配置部位数为7或9时, $\bigcirc$ 的数量为9,能够消除较多的次数p的分量所引起的电角度误差,在7个或9个传感器预定配置部位202a~202i中的任意部位配置传感器201a~201i。另一方面,在整数为8时,即在传感器预定配置部位数为8

时,○的数量为0,完全不能消除电角度误差。此外,图5A是一个例子,刻度标尺102所具有的刻度103的刻度数、传感器预定配置部位数没有特别的上下限。

[0072] 如图1A、图2A那样,传感器预定配置部位202a~202i沿着旋转体105的旋转方向106的一周107大致等间隔地根据与不能除尽刻度标尺102的一周中的电角度误差的次数 N_p 的整数一致的数量来设定。如图5A那样,在刻度标尺102的刻度数N为256的情况下,能够将传感器预定配置部位202a~202i的个数设为7或9,将7个或9个传感器预定配置部位202a~202i沿着旋转体105的旋转方向106的一周107大致等间隔地设定。在图1A、图2A中,沿着旋转体105的旋转方向106的一周107设定有9个传感器预定配置部位202a~202i。而且,传感器201a~201i配置于传感器预定配置部位202a~202i中的任意部位。在图1A中,在9个传感器预定配置部位202a~202i中的2处(202a、202b)配置有传感器201a、201b,在图2A中,在9个传感器预定配置部位202a~202i中的3处(202a、202b、202d)配置有传感器201a、201b、201d,但在传感器预定配置部位202a~202i中的哪个部位配置传感器202a~202i没有限定。例如,可以如图1A所示,在传感器预定配置部位202a~202i中的相邻的2个传感器预定配置部位202a、202b分别每处一个地配置传感器201a、201b,也可以如图1B、图2B那样,在传感器预定配置部位202a~202i的每一个分别每处一个地配置传感器201a~201i。

[0073] 电角度误差表现为次数 $N_p = N$ (刻度标尺102的刻度数) $\times p$ (1个刻度中的角度误差分量的次数),一般而言,N和p为整数,因此, N_p 也为整数。但是,由于实际上刻度标尺102的1个刻度的间隔在多个刻度103中不均匀等,若相对于角度误差以旋转体105的一周为1周期1次执行傅里叶变换,则谱强度在整数的次数的附近以山形产生(例如,在次数为3的谱强度的附近,包含2.9次、3.1次等具有小数点的次数的谱强度)。由此,在刻度标尺102的一周中的电角度误差的次数 N_p 除以作为传感器预定配置部位数的整数的情况下,该情况下的余数(零数)的数越大则能够消除的电角度误差的次数 N_p 的数越多,因此,也可以基于该余数来决定传感器201a~201i的个数。

[0074] 具体而言,与图5A同样地,相对于刻度标尺102所具有的刻度103的刻度数N即256,假设由于输出信号204的高次谐波分量而在临时的角度变化量 $X_p^{(0)}$ 中包含在1个刻度中具有次数p(1~10)的分量的角度误差分量,将上述刻度数N即256乘以次数p,从而求出刻度标尺102的一周中的电角度误差的次数 N_p ,将在该次数 N_p 除以作为传感器预定配置部位数的整数(5~9)时例如余数小于0.3的情况设为×,余数为0.3以上且小于0.7的情况设为○,余数为0.7以上的情况为◎,根据余数的大小进行加权(例如,×为0分,○为1分,◎为2分),判定总得分多的传感器预定配置部位数,将判定的结果表示在图5B中。总得分高的情况下能够消除更多的次数p的分量所引起的电角度误差。在图5B的情况下,在整数为7或9时,即在传感器预定配置部位数为7或9时,总分数为9分,能够消除较多的次数p的分量所引起的电角度误差,如图1A~图2B所示,在9个传感器预定配置部位202a~202i中的任意部位配置传感器201a~201i。这样,也可以根据刻度标尺102的一周中的电角度误差的次数 N_p 除以作为传感器预定配置部位数的整数时的余数的大小来进行加权,基于各次数的加权来决定传感器201a~201i的个数。另外,在因输出信号204的高次谐波分量引起的1个刻度的角度误差分量包含2次以及4次的次数分量的情况下,p=2、p=4判定为◎,因此,若将传感器预定配置部位数选定为9,则能够消除2次以及4次的电角度误差,如图1A~图2B那样,在9个传感器预定配置部位202a~202i中的任意位置配置传感器201a~201i。这样,也可以基于与刻度标

尺102的一周中的电角度误差的次数 N_p 除以作为传感器预定配置部位数的整数时的余数的大小对应的加权,来决定传感器201a~201i的个数。

[0075] 另外,也可以先决定传感器预定配置部位数,选定刻度标尺102所具有的刻度103的刻度数 N 。具体而言,将传感器预定配置部位数设为5,相对于刻度标尺102所具有的刻度103的刻度数 N 即254~259,假设由于输出信号204的高次谐波分量引起而在临时的角度变化量 $X_p^{(0)}$ 中包含在1个刻度中具有次数 p (1~10)的分量的角度误差分量,将上述刻度数 N 即254~259乘以次数 p ,从而求出刻度标尺102的一周中的电角度误差的次数 N_p ,将在该次数 N_p 除以传感器预定配置部位数的5的情况下例如余数小于0.3的情况设为 $\times$,余数为0.3以上且小于0.7的情况设为 $\bigcirc$,余数为0.7以上的情况设为 $\odot$,根据余数的大小进行加权(例如, $\times$ 为0分, $\bigcirc$ 为1分, $\odot$ 为2分),判定刻度标尺102的一周中的刻度数 N ,将判定的结果表示在图5C中。总得分高的情况下能够消除更多的次数 p 的电角度误差。在图5C的情况下,除了刻度标尺102的一周中的刻度数 N 为255的情况以外,能够消除大致同等数量的次数 p 的电角度误差,在5个传感器预定配置部位202a~202e中的任意部位配置传感器201a~201e。此外,对于刻度标尺102的一周中的刻度数 N 的判定的结果具有基于传感器预定配置部位数的重复性。例如,在将传感器预定配置部位数设为5时的判定的结果在刻度标尺102的一周中的刻度数 N 为 $254 \pm (5 \times \text{整数倍})$ 的情况下相同(在图5C中,在254和259的情况下为相同的判定结果)。这样,不管刻度标尺102的一周中的刻度数 N 的大小如何,都能够得到具有基于传感器预定配置部位数的重复性的判定结果。

[0076] 如上述那样,得到刻度标尺102所具有的刻度103的刻度数 N 、根据输出信号204所包含的高次谐波分量推定的或者事先确认好的角度误差分量的次数 p 、传感器预定配置部位数,如图1A~图2B那样,在传感器预定配置部位202a~202i配置传感器201a~201i,将来自传感器201a~201i的输出信号204中的一个作为基准传感器(例如,传感器201a),求出来自基准传感器的输出信号204与其他的各传感器(例如,传感器201b~201i)的输出信号204之间的输出信号差,得到求出的与其他的传感器之间的输出信号差的平均值,从而得到不仅用于消除机械角度误差还用于消除电角度误差的校正值。通过将该校正值与计算出的旋转体105的临时的角度变化量 $X_p^{(0)}$ 进行加减,能够检测真正的角度变化量 X_p ,角度检测器101对包含机械角度误差和电角度误差的角度误差进行自我校正。校正后的角度变化量 X_p 既可以设为角度检测器101的检测值,也可以反馈给驱动旋转体105的电动机、旋转体105的控制装置等,作为参照角度来使用。该校正值可以在每次旋转体105旋转而将来自传感器201a~201i的输出信号204输入到信号处理部209时进行运算,也可以事先通过信号处理部209对旋转体105的1周的该校正值进行运算,并作为修正表保存在存储部210中,在旋转体105旋转时,将该校正值从存储部210读出。

[0077] 图6A~图6C分别表示基于仅来自图1B的角度检测器101的传感器201a的输出信号204通过信号处理部209计算出的包含机械角度误差及电角度误差的角度误差被消除前的、相对于旋转体105的指令角度的角度误差、将其一部分放大的旋转体105的一个刻度中的相对于指令角度的角度误差、通过对以旋转体105的一周为1周期1次的角度误差执行傅里叶变换而得到的谱强度。相对于指令角度,周期长(次数小)的分量所引起的角度误差是由机械角度误差引起的,根据图6A,在该角度检测器101中,机械角度误差是以旋转体105的一周为1周期1次的角度误差为主要分量,宽度约为 180arcsec 。此外,图6A是仅抽取所测定的0~

360deg的范围中的0~180deg的范围的测定结果。相对于指令角度,周期短(次数大)的分量所引起的角度误差是由电角度误差引起的,根据图6B,电角度误差的次数是以基于1024次(1个刻度中的次数 $p=4$ 次)的角度误差为主要分量,宽度约为20arcsec,由于刻度标尺102的全部刻度数为256,所以1个刻度的角度间隔104为1.406deg,因此作为电角度误差的约20arcsec相当于其约0.4%。根据图6C可知,角度误差的次数分量为256次(1刻度1次)、768次(1刻度3次)、1024次(1刻度4次)的谱强度较大,角度误差的次数分量为1024次(1刻度4次)的谱强度特别显著。

[0078] 下面,图7A~图7C分别表示基于来自图1B的角度检测器101的传感器201a~201i的输出信号204通过信号处理部209计算出的包含机械角度误差及电角度误差的角度误差被消除后的、相对于旋转体105的指令角度的角度误差、将其一部分放大的旋转体105的1个刻度中的相对于指令角度的角度误差、对以旋转体105的一周为1周期1次的角度误差执行傅里叶变换而得到的谱强度。由于传感器预定配置部位数(传感器配置数)为9,因此能够消除包含不能被9除尽的次数 N_p 的机械角度误差及电角度误差的角度误差,根据图7A,能够将以不能被9除尽的1次为主分量的机械角度误差减少至约45arcsec的宽度。此外,图7A是仅抽取所测定的0~360deg的范围中的0~180deg的范围的测定结果。根据图7B,能够将以不能被9除尽的1024次为主分量的电角度误差减少至约5arcsec(相对于1个刻度的角度间隔104即1.406deg为约0.1%)的宽度。这样,能够将包含机械角度误差及电角度误差的角度误差减少至约1/4。根据图7C,能够大幅减少角度误差的次数分量为256次(1个刻度中的次数 $p=1$ 次)、768次(1刻度3次)、1024次(1刻度4次)的谱强度。另外,可知在图7A中,在旋转体105的指令角度180deg中产生的10个波峰分量(以旋转体105的一周为1周期1次的20次分量)是由所使用的旋转体105的机构特性引起的角度误差,图7A~图7C示出了通过使用本发明,能够从根据输出信号204计算出的临时的角度变化量 $X_p^{(0)}$ 中消除机械角度误差及电角度误差,能够更高精度地检测旋转体105的真正的旋转角度量 X_p 和角度误差。

[0079] 上述记载是对特定的实施例进行的,但本发明并不限于此,本领域技术人员显然能够在本发明的原理和附加的权利要求书的范围内进行各种变更及修正。

[0080] 附图标记说明

[0081] 101 角度检测器

[0082] 102 刻度标尺

[0083] 103 刻度

[0084] 104 1个刻度的角度间隔

[0085] 105 旋转体

[0086] 106 旋转方向

[0087] 107 一周

[0088] 108 旋转轴线

[0089] 201a~201i 传感器

[0090] 202a~202i 传感器预定配置部位

[0091] 203 控制部

[0092] 204 输出信号

[0093] 205 输入部

- [0094] 206 噪声滤波器
- [0095] 207 放大器
- [0096] 208 A/D转换器
- [0097] 209 信号处理部
- [0098] 210 存储部
- [0099] 211 显示装置。

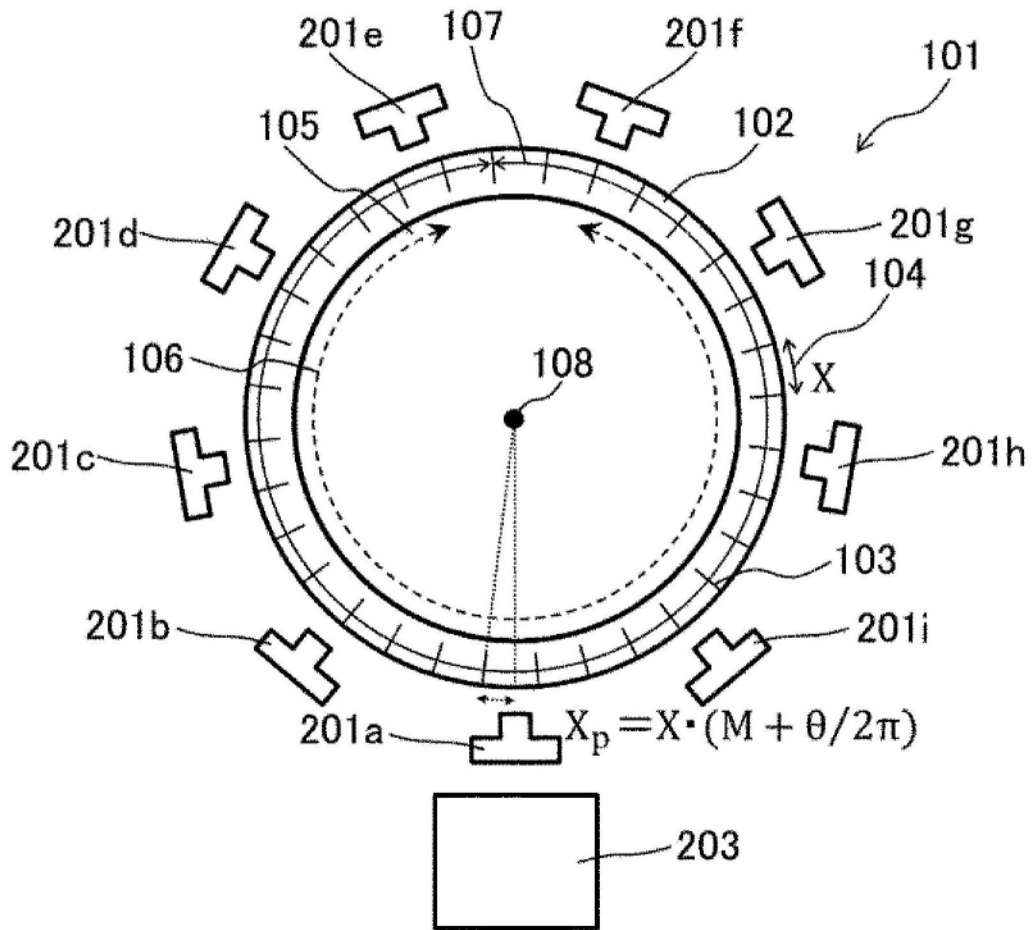


图1B

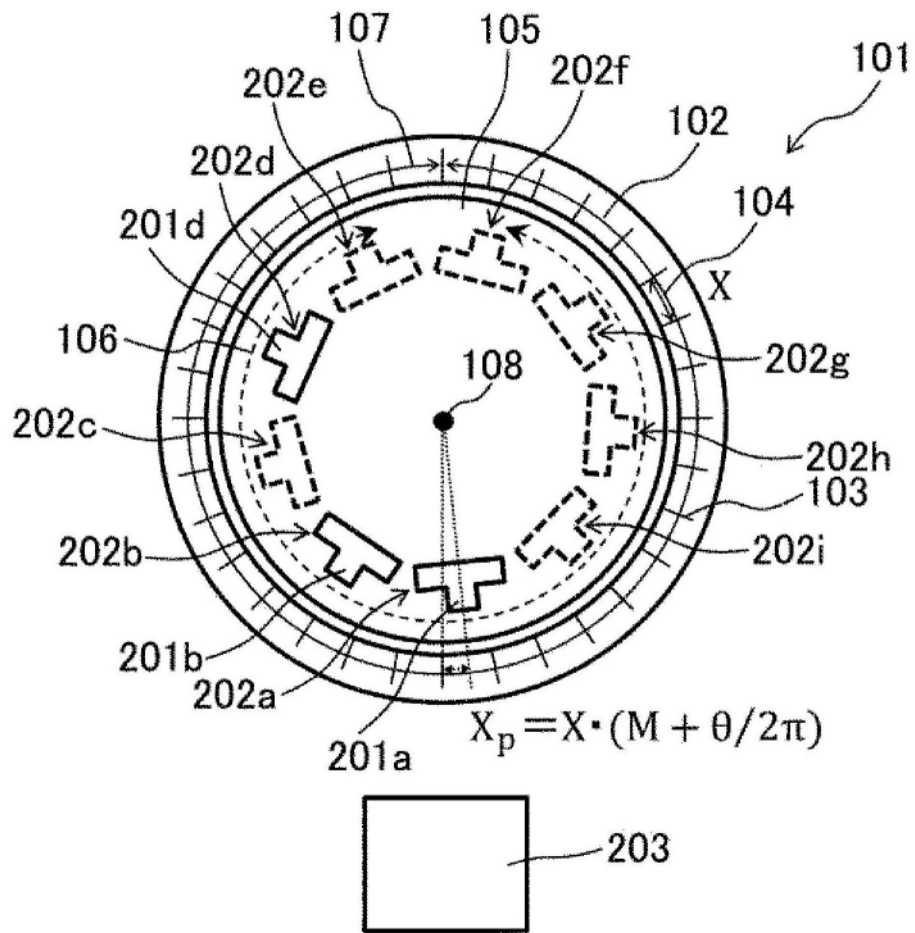


图2A

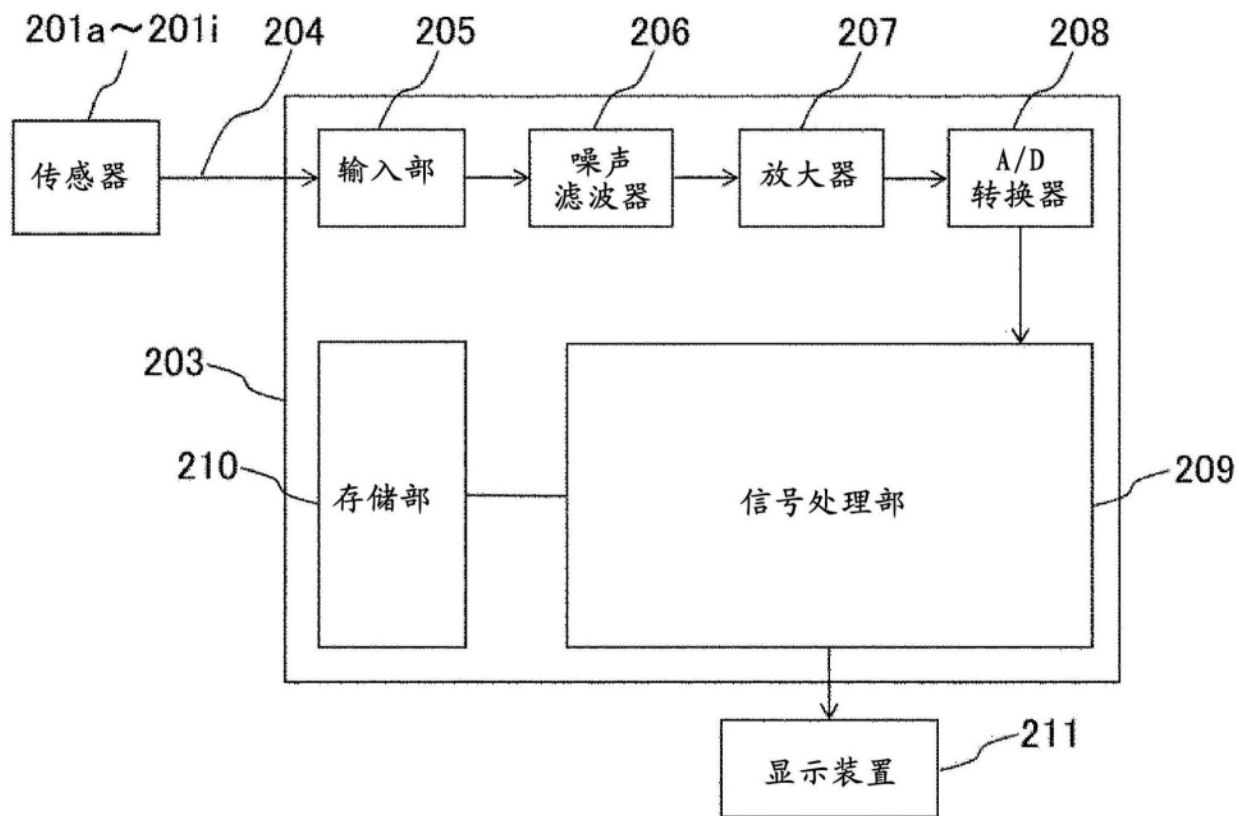


图3

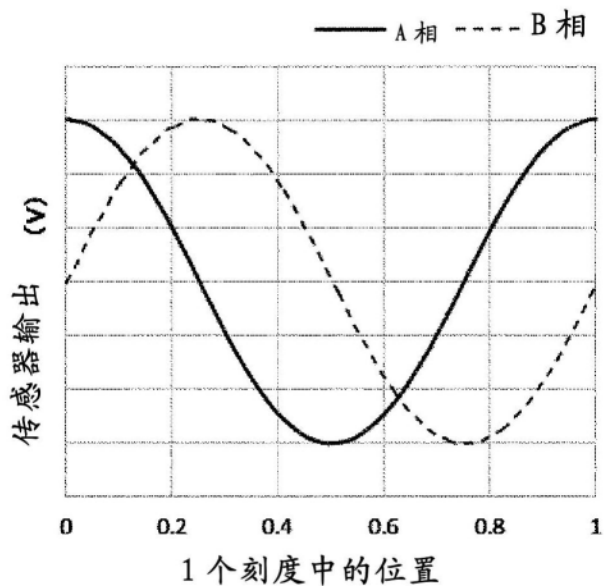


图4A

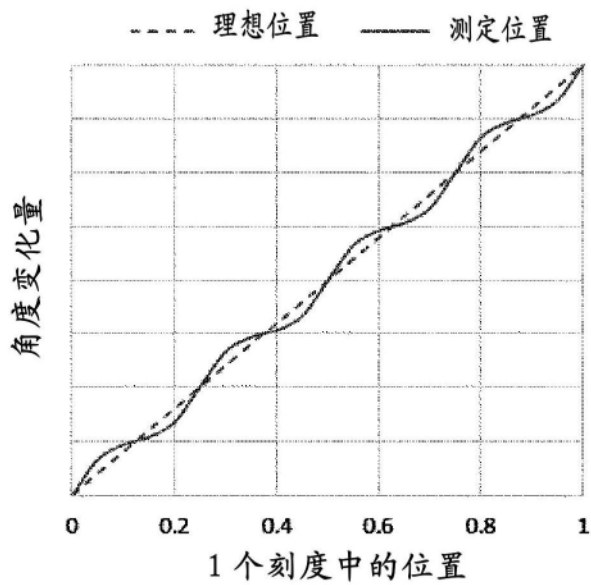


图4B

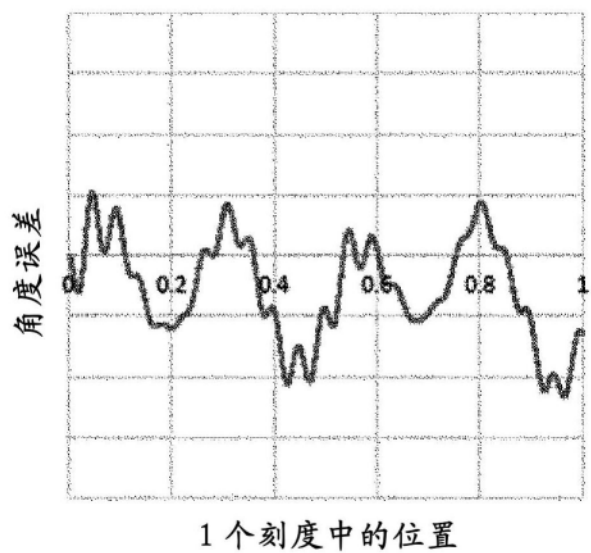


图4C

1 个刻度中的角度 误差分量的次数: p	刻度标尺的一周中的 电角度误差的次数: N _p	传感器预定配置部位数				
		5	6	7	8	9
1	256	○	○	○	×	○
2	512	○	○	○	×	○
3	768	○	×	○	×	○
4	1024	○	○	○	×	○
5	1280	×	○	○	×	○
6	1536	○	×	○	×	○
7	1792	○	○	×	×	○
8	2048	○	○	○	×	○
9	2304	○	×	○	×	×
10	2560	×	○	○	×	○
○ 的个数		8	7	9	0	9

图5A

1 个刻度中的角度 误差分量的次数: p	刻度标尺的一周中的 电角度误差的次数: N _p	传感器预定配置部位数				
		5	6	7	8	9
1	256	×	○	○	×	○
2	512	○	○	×	×	◎
3	768	○	×	◎	×	○
4	1024	◎	○	×	×	◎
5	1280	×	○	◎	×	×
6	1536	×	×	○	×	○
7	1792	○	○	×	×	×
8	2048	○	○	○	×	○
9	2304	◎	×	×	×	×
10	2560	×	○	◎	×	○
○ 的个数		4	7	3	0	5
◎ 的个数		2	0	3	0	2
总得分		8	7	9	0	9

图5B

1 个刻度中的角度 误差分量的次数: p	刻度标尺的一周中的 电角度误差的次数: N_p	刻度数: N					
		254	255	256	257	258	259
1	$p \times \text{刻度数}: N$	⊙	×	×	○	○	⊙
2		○	×	○	⊙	×	○
3		○	×	○	×	⊙	○
4		×	×	⊙	○	○	×
5		×	×	×	×	×	×
6		⊙	×	×	○	○	⊙
7		○	×	○	⊙	×	○
8		○	×	○	×	⊙	○
9		×	×	⊙	○	○	×
10		×	×	×	×	×	×
○的个数		4	0	4	4	4	4
⊙的个数		2	0	2	2	2	2
总得分		8	0	8	8	8	8

图5C

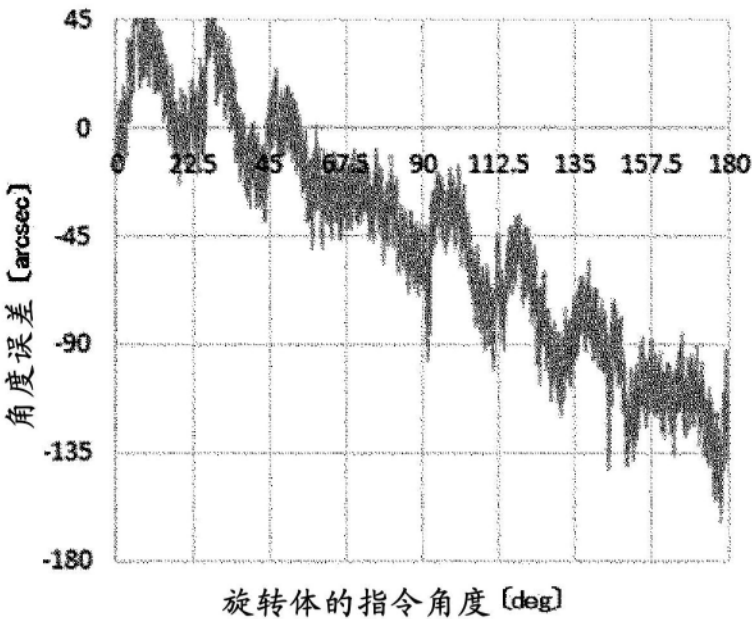


图6A

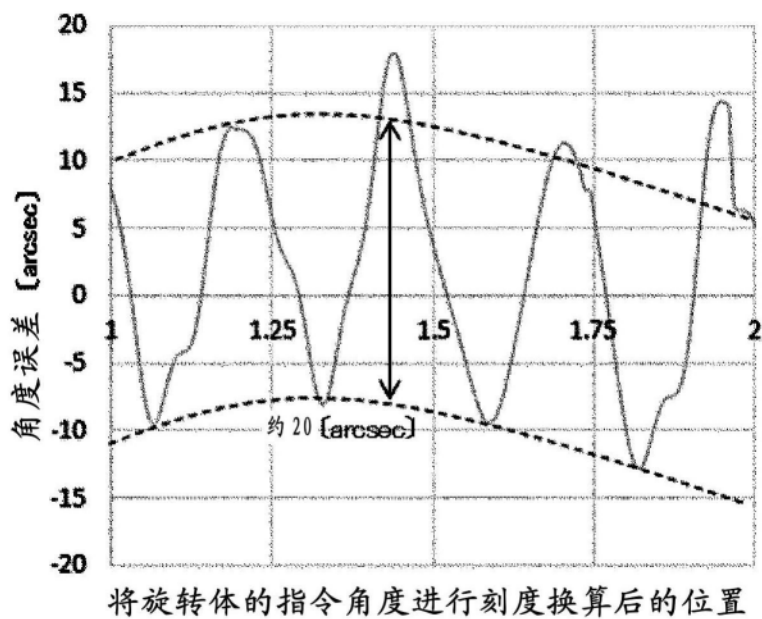


图6B

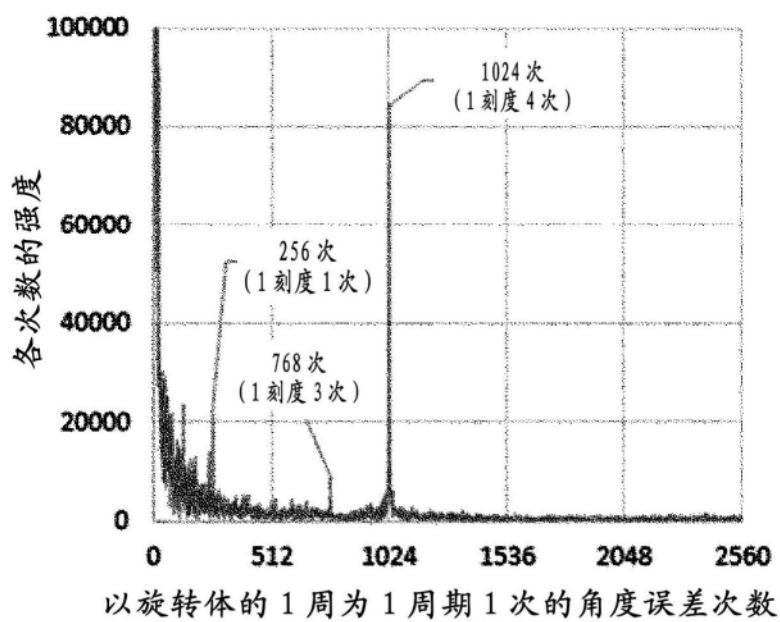


图6C

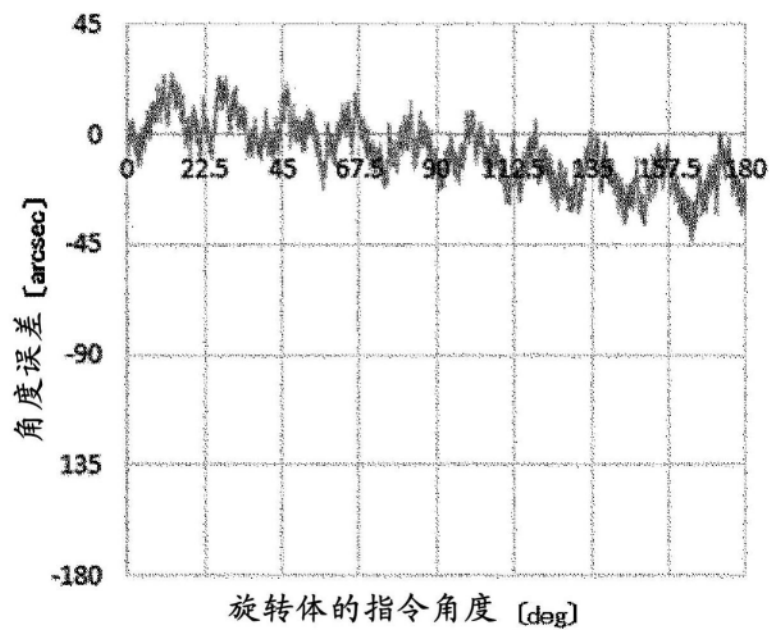
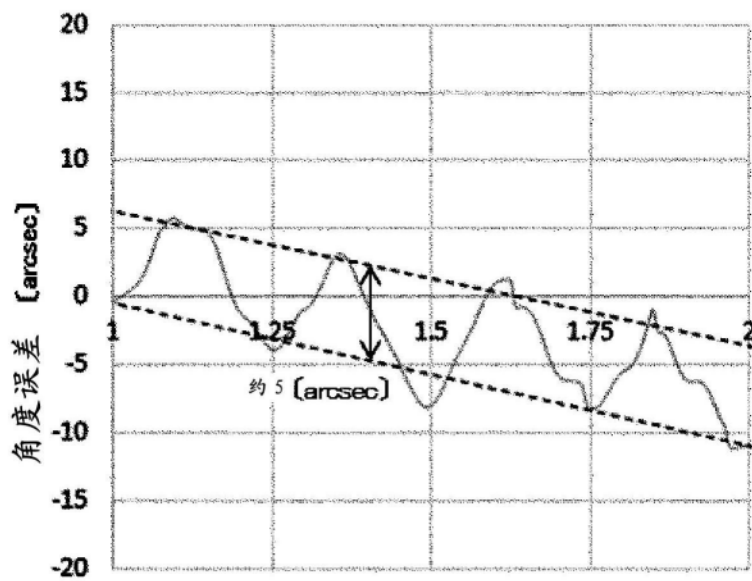


图7A



将旋转体的指令角度进行刻度换算后的位置

图7B

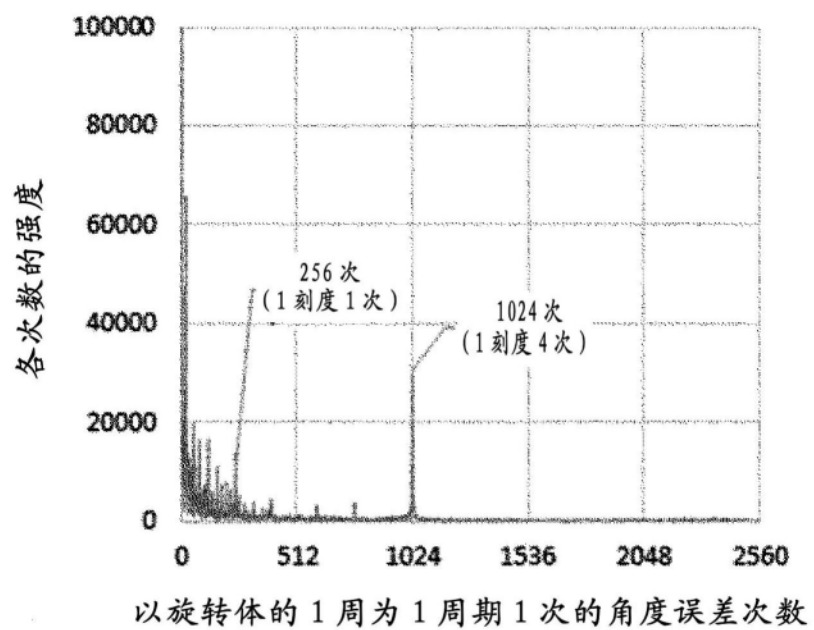


图7C