



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103080701 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 01

(21) 申请号 201180042366. X

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

(22) 申请日 2011. 09. 01

代理人 党晓林 王小东

(30) 优先权数据

2010-197010 2010. 09. 02 JP

(51) Int. Cl.

G01D 5/38(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 03. 01

G01D 5/347(2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2011/069949 2011. 09. 01

(87) PCT申请的公布数据

W02012/029927 JA 2012. 03. 08

(71) 申请人 株式会社安川电机

地址 日本福冈县

(72) 发明人 吉田康 铃木嘴二

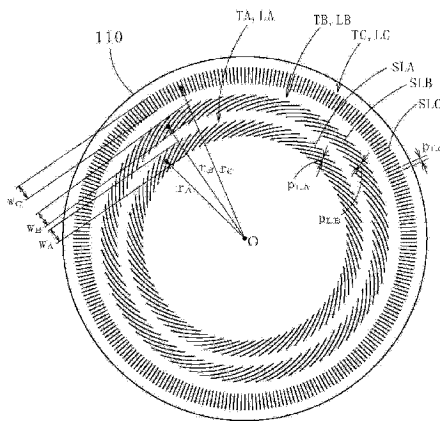
权利要求书3页 说明书18页 附图10页

## (54) 发明名称

编码器、伺服马达和马达单元

## (57) 摘要

提供一种能够增加设计自由度的编码器、伺服马达和马达单元。编码器(100)设置有具有第一和第二轨道(TA, TB)的码盘(110),在第一和第二轨道中分别形成第一和第二旋转栅格(LA, LB)。所述编码器(100)还设置有第一和第二检测器(130A, 130B),第一和第二检测器被定位成面对第一和第二轨道(TA, TB),第一和第二检测器分别具有第一和第二固定栅格,第一固定栅格用于与第一旋转栅格(LA)一起构成第一衍射干涉光学系统,第二固定栅格用于与第二旋转栅格(LB)一起构成第二衍射干涉光学系统,并且第一和第二检测器分别从第一和第二衍射干涉光学系统检测第一和第二检测信号。第一和第二旋转栅格(LA, LB)中的至少一个由弯曲形状的多个弯曲狭缝(SL)形成。



1. 一种编码器,所述编码器包括:

码盘,所述码盘以能绕旋转轴线旋转的方式设置,并且包括第一轨道和第二轨道,在所述第一轨道和所述第二轨道中分别形成有第一光学旋转栅格和第二光学旋转栅格;以及

第一检测器和第二检测器,所述第一检测器和所述第二检测器被设置成面对所述第一轨道和所述第二轨道,所述第一检测器和第二检测器分别包括第一固定栅格和第二固定栅格,所述第一固定栅格与所述第一旋转栅格一起构成第一衍射干涉光学系统,所述第二固定栅格与所述第二旋转栅格一起构成第二衍射干涉光学系统,并且所述第一检测器和所述第二检测器构造成分别从所述第一衍射干涉光学系统和所述第二衍射干涉光学系统检测第一检测信号和第二检测信号,其中:

所述第一旋转栅格和所述第二旋转栅格中的至少一个包括呈弯曲形状的多个弯曲狭缝,并且

基于所述第一旋转栅格的狭缝数量和所述第二旋转栅格的狭缝数量之差来获得所述码盘的绝对值。

2. 根据权利要求 1 所述的编码器,其中:

所述第一旋转栅格的狭缝数量和所述第二旋转栅格的狭缝数量之差是一。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的编码器,其中:

所述弯曲狭缝分别沿着以下弯曲线形成,即:这些弯曲线是通过使得从所述旋转轴线沿所述码盘的径向方向延伸的多条径向线以预先确定的弯曲度朝周向方向弯曲而形成的。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的编码器,其中:

所述弯曲狭缝被形成在以所述旋转轴线为中心超过 0 度并且小于 360 度的角度范围内。

5. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的编码器,所述编码器还包括位置数据生成部,所述位置数据生成部构造成:基于所述第一检测信号和所述第二检测信号生成第一位置数据和第二位置数据,所述第一位置数据表示在一圈旋转期间所述码盘的绝对位置,所述第二位置数据与所述第一位置数据相比具有更高的分辨率;并且基于所述第一位置数据和所述第二位置数据规定所述码盘的与所述第一位置数据相比具有更高的分辨率的绝对位置。

6. 根据权利要求 5 所述的编码器,其中:

所述第一旋转栅格和所述第二旋转栅格分别包括第一弯曲狭缝和第二弯曲狭缝,并且所述第一弯曲狭缝的弯曲度和所述第二弯曲狭缝的弯曲度分别被设定成使得所述第一弯曲狭缝的间距和所述第二弯曲狭缝的间距大致相等。

7. 根据权利要求 6 所述的编码器,其中:

所述第一旋转栅格和所述第一固定栅格之间的第一间隙与所述第二旋转栅格和所述第二固定栅格之间的第二间隙在尺寸上大致相等。

8. 根据权利要求 6 或 7 所述的编码器,其中:

所述第一弯曲狭缝沿与所述第二弯曲狭缝弯曲所沿的方向相反的周向方向弯曲。

9. 根据权利要求 6 至 8 中任一项所述的编码器,其中:

所述第一弯曲狭缝和所述第二弯曲狭缝分别是反射狭缝;并且

所述第一固定栅格和所述第二固定栅格分别设置在所述码盘的同一表面侧。

10. 根据权利要求 9 所述的编码器,其中:

所述码盘还包括位于最外周上的第三轨道,在所述第三轨道中形成有第三光学旋转栅格,并且所述第三轨道构造成确定所述编码器的最大分辨率;

在所述码盘中设定多条径向线,这些径向线以所述旋转轴线为中心以预先确定的角度间隔沿径向方向延伸;并且

所述第三旋转栅格包括沿着所述径向线延伸的径向狭缝。

11. 根据权利要求 10 所述的编码器,其中:

所述径向狭缝的间距、所述第一弯曲狭缝的间距以及所述第二弯曲狭缝的间距大致相等。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的编码器,其中:

所述第一固定栅格中包括的狭缝和所述第二固定栅格中包括的狭缝大致平行于所述第一弯曲狭缝和所述第二弯曲狭缝分别弯曲所沿的弯曲线的切线。

13. 一种伺服马达,所述伺服马达包括:

马达,所述马达构造成使得旋转轴旋转;以及

编码器,所述编码器构造成测量所述旋转轴的绝对位置,其中:

所述编码器包括:

码盘,所述码盘以能绕所述旋转轴的旋转轴线旋转的方式设置,并且包括第一轨道和第二轨道,在所述第一轨道和所述第二轨道中分别形成有第一光学旋转栅格和第二光学旋转栅格;以及

第一检测器和第二检测器,所述第一检测器和所述第二检测器被设置成面对所述第一轨道和所述第二轨道,所述第一检测器和所述第二检测器分别包括第一固定栅格和第二固定栅格,所述第一固定栅格与所述第一旋转栅格一起构成第一衍射干涉光学系统,所述第二固定栅格与所述第二旋转栅格一起构成第二衍射干涉光学系统,并且所述第一检测器和所述第二检测器构造成分别从所述第一衍射干涉光学系统和所述第二衍射干涉光学系统检测第一检测信号和第二检测信号;

所述第一旋转栅格和所述第二旋转栅格中的至少一个包括呈弯曲形状的多个弯曲狭缝,并且

基于所述第一旋转栅格的狭缝数量和所述第二旋转栅格的狭缝数量之差来获得所述码盘的绝对值。

14. 一种马达单元,所述马达单元包括:

马达,所述马达构造成使得旋转轴旋转;

编码器,所述编码器构造成测量所述旋转轴的位置;以及

控制器,所述控制器构造成基于由所述编码器检测的位置来控制所述马达的旋转,其中:

所述编码器包括:

码盘,所述码盘以能绕所述旋转轴的旋转轴线旋转的方式设置,并且包括第一轨道和第二轨道,在所述第一轨道和所述第二轨道中分别形成有第一光学旋转栅格和第二光学旋转栅格;以及

第一检测器和第二检测器,所述第一检测器和所述第二检测器被设置成面对所述第一轨道和所述第二轨道,所述第一检测器和所述第二检测器分别包括第一固定栅格和第二固

定栅格,所述第一固定栅格与所述第一旋转栅格一起构成第一衍射干涉光学系统,所述第二固定栅格与所述第二旋转栅格一起构成第二衍射干涉光学系统,并且所述第一检测器和所述第二检测器构造成分别从所述第一衍射干涉光学系统和所述第二衍射干涉光学系统检测第一检测信号和第二检测信号;

所述第一旋转栅格和所述第二旋转栅格中的至少一个包括呈弯曲形状的多个弯曲狭缝,并且

基于所述第一旋转栅格的狭缝数量和所述第二旋转栅格的狭缝数量之差来获得所述码盘的绝对值。

## 编码器、伺服马达和马达单元

### 技术领域

[0001] 本发明涉及编码器、伺服马达和马达单元。

### 背景技术

[0002] 专利文献 1 公开了一种通过衍射栅格利用光衍射的光学编码器。

[0003] 专利文献 2 公开了一种利用三个狭缝改善了 S/N 比(信噪比)的光学编码器。

[0004] 专利文献 3 公开了一种借助简单构造来防止由间距变动引起的误差发生的光学编码器。该编码器具有螺旋栅格单元、发光元件和受光元件,所述受光元件构造成检测从发光元件发射并且已经穿过栅格单元的光通量。编码器基于受光元件的检测来检测栅格单元与受光元件之间的相对旋转。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] [专利文献 1]US 5559600 A

[0008] [专利文献 2]JP, B, 3509830

[0009] [专利文献 3]JP, A, 06-347293

### 发明内容

[0010] 本发明待解决的技术问题

[0011] 本发明的目的在于提供一种能够增加设计或开发中的自由度的编码器、伺服马达和马达单元。

[0012] 解决该问题的手段

[0013] 用于实现该目的根据第一发明的编码器包括:

[0014] 码盘,所述码盘以能绕旋转轴线旋转的方式设置,并且包括第一轨道和第二轨道,在所述第一轨道和所述第二轨道中分别形成有第一光学旋转栅格和第二光学旋转栅格;以及

[0015] 第一检测器和第二检测器,所述第一检测器和所述第二检测器被设置成面对所述第一轨道和所述第二轨道,所述第一检测器和第二检测器分别包括第一固定栅格和第二固定栅格,所述第一固定栅格与所述第一旋转栅格一起构成第一衍射干涉光学系统,所述第二固定栅格与所述第二旋转栅格一起构成第二衍射干涉光学系统,并且所述第一检测器和所述第二检测器构造成分别从所述第一衍射干涉光学系统和所述第二衍射干涉光学系统检测第一检测信号和第二检测信号,其中:

[0016] 所述第一旋转栅格和所述第二旋转栅格中的至少一个包括呈弯曲形状的多个弯曲狭缝,并且

[0017] 基于所述第一旋转栅格的狭缝数量和所述第二旋转栅格的狭缝数量之差来获得所述码盘的绝对值。

[0018] 在根据第一发明的编码器中,优选地,所述第一旋转栅格的狭缝数量和所述第二

旋转栅格的狭缝数量之差是一。

[0019] 在根据第一发明的编码器中,优选地,所述弯曲狭缝分别沿着以下弯曲线形成,这些弯曲线是通过使得从所述旋转轴线沿所述码盘的径向方向延伸的多条径向线以预先确定的弯曲度朝周向方向弯曲而形成的。

[0020] 在根据第一发明的编码器中,优选地,所述弯曲狭缝被形成在以所述旋转轴线为中心超过 0 度并且小于 360 度的角度范围内。

[0021] 根据第一发明的编码器还可包括位置数据生成部,所述位置数据生成部构造成:基于所述第一检测信号和所述第二检测信号生成第一位置数据和第二位置数据,所述第一位置数据表示在一圈旋转期间所述码盘的绝对位置,所述第二位置数据与所述第一位置数据相比具有更高的分辨率;并且基于所述第一位置数据和所述第二位置数据规定所述码盘的与所述第一位置数据相比具有更高的分辨率的绝对位置。

[0022] 在根据第一发明的编码器中,优选地,所述第一旋转栅格和所述第二旋转栅格分别包括第一弯曲狭缝和第二弯曲狭缝,并且所述第一弯曲狭缝的弯曲度和所述第二弯曲狭缝的弯曲度分别被设定成使得所述第一弯曲狭缝的间距和所述第二弯曲狭缝的间距大致相等。

[0023] 在根据第一发明的编码器中,优选地,所述第一旋转栅格和所述第一固定栅格之间的第一间隙与所述第二旋转栅格和所述第二固定栅格之间的第二间隙在尺寸上大致相等。

[0024] 在根据第一发明的编码器中,所述第一弯曲狭缝可沿与所述第二弯曲狭缝弯曲所沿的方向相反的周向方向弯曲。

[0025] 在根据第一发明的编码器中,所述第一弯曲狭缝和所述第二弯曲狭缝分别是反射狭缝,并且所述第一固定栅格和所述第二固定栅格分别设置在所述码盘的同表面侧。

[0026] 在根据第一发明的编码器中,优选地,所述码盘还包括位于最外周上的第三轨道,在所述第三轨道中形成有第三光学旋转栅格,并且所述第三轨道构造成确定所述编码器的最大分辨率,在所述码盘中设定多条径向线,这些径向线以所述旋转轴线为中心以预先确定的角度间隔沿径向方向延伸,并且所述第三旋转栅格包括沿着所述径向线延伸的径向狭缝。

[0027] 在根据第一发明的编码器中,优选地,所述径向狭缝的间距、所述第一弯曲狭缝的间距以及所述第二弯曲狭缝的间距大致相等。

[0028] 在根据第一发明的编码器中,优选地,所述第一固定栅格中包括的狭缝和所述第二固定栅格中包括的狭缝大致平行于所述第一弯曲狭缝和所述第二弯曲狭缝分别弯曲所沿的弯曲线的切线。

[0029] 用于实现该目的根据第二发明的伺服马达包括:

[0030] 马达,所述马达构造成使得旋转轴旋转;以及

[0031] 编码器,所述编码器构造成测量所述旋转轴的绝对位置,其中:

[0032] 所述编码器包括:

[0033] 码盘,所述码盘以能绕所述旋转轴的旋转轴线旋转的方式设置,并且包括第一轨道和第二轨道,在所述第一轨道和所述第二轨道中分别形成有第一光学旋转栅格和第二光学旋转栅格;以及

[0034] 第一检测器和第二检测器,所述第一检测器和所述第二检测器被设置成面对所述第一轨道和所述第二轨道,所述第一检测器和所述第二检测器分别包括第一固定栅格和第二固定栅格,所述第一固定栅格与所述第一旋转栅格一起构成第一衍射干涉光学系统,所述第二固定栅格与所述第二旋转栅格一起构成第二衍射干涉光学系统,并且所述第一检测器和所述第二检测器构造成分别从所述第一衍射干涉光学系统和所述第二衍射干涉光学系统检测第一检测信号和第二检测信号,所述第一旋转栅格和所述第二旋转栅格中的至少一个包括呈弯曲形状的多个弯曲狭缝,并且

[0035] 基于所述第一旋转栅格的狭缝数量和所述第二旋转栅格的狭缝数量之差来获得所述码盘的绝对值。

[0036] 用于实现该目的根据第三发明的马达单元包括:

[0037] 马达,所述马达成造成使得旋转轴旋转;

[0038] 编码器,所述编码器构造成测量所述旋转轴的位置;以及

[0039] 控制器,所述控制器构造成基于由所述编码器检测的所述位置来控制所述马达的旋转,其中:

[0040] 所述编码器包括:

[0041] 码盘,所述码盘以能绕所述旋转轴的旋转轴线旋转的方式设置,并且包括第一轨道和第二轨道,在所述第一轨道和所述第二轨道中分别形成有第一光学旋转栅格和第二光学旋转栅格;以及

[0042] 第一检测器和第二检测器,所述第一检测器和所述第二检测器被设置成面对所述第一轨道和所述第二轨道,所述第一检测器和所述第二检测器分别包括第一固定栅格和第二固定栅格,所述第一固定栅格与所述第一旋转栅格一起构成第一衍射干涉光学系统,所述第二固定栅格与所述第二旋转栅格一起构成第二衍射干涉光学系统,并且所述第一检测器和所述第二检测器构造成分别从所述第一衍射干涉光学系统和所述第二衍射干涉光学系统检测第一检测信号和第二检测信号,

[0043] 所述第一旋转栅格和所述第二旋转栅格中的至少一个包括呈弯曲形状的多个弯曲狭缝,并且

[0044] 基于所述第一旋转栅格的狭缝数量和所述第二旋转栅格的狭缝数量之差来获得所述码盘的绝对值。

[0045] 本发明的优点

[0046] 借助根据本发明的编码器、伺服马达和马达单元,可以增加编码器的码盘的设计或开发中的自由度。

#### 附图说明

[0047] 图1是根据本发明的第一实施方式的说明图,示出了具有编码器的马达单元的构造。

[0048] 图2是示出了编码器的构造的说明图。

[0049] 图3是示出了编码器的码盘的说明图。

[0050] 图4是示出了编码器的光学检测机构的操作原理的操作原理图。

[0051] 图5是示出了编码器的掩模和轨道的布置的布置图。

- [0052] 图 6 是示出了编码器的弯曲狭缝的说明图。
- [0053] 图 7A 是示出了由编码器的位置数据生成部生成的第一位置数据的曲线图。
- [0054] 图 7B 是示出了由编码器的位置数据生成部生成的第一三角波信号的曲线图。
- [0055] 图 7C 是示出了由编码器的位置数据生成部生成的第二位置数据(第二三角波信号)的曲线图。
- [0056] 图 7D 是示出了由编码器的位置数据生成部生成的第三位置数据(第三三角波信号)的曲线图。
- [0057] 图 8 是用于解释制造编码器的方法的流程图。
- [0058] 图 9 是示出了根据本发明的第二实施方式的编码器的码盘的说明图。

### 具体实施方式

[0059] 接下来,结合附图来阐述体现本发明的实施方式,以便于理解本发明。要注意,在本说明书和附图中,具有大致相同功能的部件原则上由相同的附图标记表示,并且合适地省略对部件的重复说明。

[0060] 在待在下文阐述的本发明的每个实施方式中,利用具有旋转式光学绝对值编码器的马达单元作为示例进行说明。也就是说,根据每个实施方式的编码器被应用到旋转式马达,并且检测马达的旋转角度  $\theta$  作为绝对位置  $x$ 。根据待被在此解释的每个实施方式的编码器可应用到各种旋转体,所述旋转体绕固定旋转轴线旋转,所述旋转体例如是原动机和转向器(a motor and steering)。

[0061] 要注意,本发明的每个实施方式按照如下顺序被解释。

[0062] <1. 第一实施方式>

[0063] (1-1. 根据第一实施方式的马达单元)

[0064] (1-2. 根据第一实施方式的编码器)

[0065] (1-2-1. 码盘 110)

[0066] (轨道 TA-TC)

[0067] (狭缝 SLA-SLC 的形状)

[0068] (1-2-2. 检测器 130A-130C)

[0069] (光学检测机构)

[0070] (1-2-3. 弯曲狭缝的构造)

[0071] (一个轨道 T 中的弯曲狭缝)

[0072] (弯曲狭缝与固定栅格侧的狭缝之间的位置关系)

[0073] (弯曲狭缝在多个轨道之间的关系)

[0074] (1-2-4. 位置数据生成部)

[0075] (1-3. 根据第一实施方式的马达单元的操作)

[0076] (1-4. 用于制造根据第一实施方式的编码器的方法)

[0077] (1-5. 根据第一实施方式的编码器的效果的示例)

[0078] <2. 第二实施方式>

[0079] <1. 第一实施方式>

[0080] (1-1. 根据第一实施方式的马达单元)



[0081] 首先,阐述根据本发明的第一实施方式的马达单元 1 的构造。

[0082] 如图 1 所示,根据本实施方式的马达单元 1 具有伺服马达 10 和控制器 20。伺服马达 10 具有绝对值编码器(在下文中有时被简称为“编码器”)100 和马达 200。

[0083] 马达 200 是动力产生源的示例。马达 200 至少在一侧具有旋转轴 201。马达 200 借助使得旋转轴 201 绕旋转轴线 AX 旋转来产生旋转力。

[0084] 要注意,马达 200 不局限于将电力用作动力源的电动马达。马达 200 可以是利用其它动力源的马达,例如液压马达、空气马达、蒸汽马达等。然而,为了便于说明,在下文阐述其中马达 200 是电动马达的情况。

[0085] 编码器 100 设置在位于马达 200 的旋转轴 201 的相反侧的端部处,并且被联接到旋转轴 202 (见图 2),所述旋转轴 202 以与旋转轴 201 对应的方式旋转。要注意,还存在其中旋转轴 202 与旋转轴 201 一体形成一个单元的情况。编码器 100 通过检测旋转轴 202 的位置来检测旋转轴 201 的绝对位置  $x$  (也被称为绝对旋转角度  $\theta$ 、马达 200 的绝对位置  $x$  等),并且该编码器输出代表该绝对位置  $x$  的位置数据。

[0086] 应当注意的是,编码器 100 的设置位置并不具体地被限制。例如,编码器 100 可设置成直接联接到旋转轴 201。另选地,编码器 100 可借助其他机构(例如,减速装置和旋转方向转换器)被联接到诸如旋转轴 201 的旋转体。

[0087] 控制器 20 获取从编码器 100 输出的位置数据。控制器 20 通过基于所获取的位置数据来控制待被施加到马达 200 的电流和电压等而控制马达 200 的旋转。控制器 20 例如是伺服放大器。此外,控制器 20 还可以控制马达 200 的旋转,以便遵从被包括在上级控制信号中的位置指令和速度指令等,所述上级控制信号从诸如可编程逻辑控制器的上级控制器(未被示意性地示出)被获得。要注意,在其中马达 200 使用其他动力源(例如,液动力源、空气动力源和蒸汽动力源)的情况下,控制器 20 可以通过控制这种动力源的供应来控制马达 200 的旋转。

[0088] (1-2. 根据第一实施方式的编码器)

[0089] 接下来,参考图 2 和图 3 来阐述根据本实施方式的编码器 100 的构造。

[0090] 如图 2 所示,根据本实施方式的编码器 100 具有旋转轴 101、码盘 110、检测器 130A 至 130C (分别是第一检测器至第三检测器的示例)以及位置数据生成部 140。

[0091] (1-2-1. 码盘 110)

[0092] 码盘 110 形成为如图 3 所示的盘形。码盘 110 设置成使得码盘中心 O 与旋转轴线 AX 大致重合。码盘 110 借助能够绕旋转轴线 AX 旋转的旋转轴 101 被联接到马达 200 的旋转轴 202 的一端。因此,码盘 110 随着马达 200 的旋转而绕旋转轴线 AX 旋转。

[0093] 如图 3 所示,码盘 110 具有三个轨道 TA 至 TC (分别是第一轨道至第三轨道的示例)。要注意,轨道的数量不局限于三个,而是根据编码器 100 所需的检测精度和信号处理被合适地设定为多个。

[0094] (轨道 TA 至 TC)

[0095] 轨道 TA 至 TC 均呈将码盘 110 的码盘中心 O 作为中心的环形形状。轨道 TA 至 TC 的宽度分别被设定为预先确定的宽度  $w_A$  至  $w_C$ 。在本实施方式中,相应轨道 TA 至 TC 的宽度  $w_A$  至  $w_C$  被设定为相同宽度  $w$  ( $w=w_A=w_B=w_C$ )。然而,轨道宽度  $w_A$  至  $w_C$  可以不同。

[0096] 然后,相应轨道 TA 至 TC 被设置成使得宽度的中心沿径向方向的位置(轨道半径

$r_A-r_C$ )彼此不同。即,轨道 TA 至 TC 被形成为以码盘中心 O 作为中心的同心圆形状,并且从码盘中心朝向外周以轨道 TA、TB 和 TC 的顺序设置( $r_A<r_B<r_C$ )。

[0097] 如图 3 所示,旋转栅格 LA 至 LC (分别是第一旋转栅格至第三旋转栅格的示例)分别形成于相应轨道 TA 至 TC 中,所述旋转栅格是旋转的光学衍射栅格。

[0098] 多个光学狭缝 SLA 至 SLC 分别形成于旋转栅格 LA 至 LC 中。旋转栅格 LA 至 LC 均构成彼此独立的第一至第三衍射干涉光学系统的单独部分。

[0099] 狭缝 SLA 至 SLC 均是构造成反射光的反射狭缝。除了狭缝 SLA 至 SLC 之外的部分不反射光。

[0100] 在其中如本实施方式中在码盘 110 中使用反射狭缝的情况下,形成反射类型的衍射干涉光学系统。因此,与其中在码盘 110 中使用透射狭缝的情况相比,减少了由于待在下文描述的码盘 110 和掩模 120 之间的间隙  $g$  的变动而引起的噪声和对检测精度的影响。然而,可以构造使用透射狭缝的衍射干涉光学系统。

[0101] 期望将相应轨道 TA 至 TC 形成为使得轨道半径  $r_A$  至  $r_C$  越大则狭缝 SLA 至 SLC 的数量  $n_A$  至  $n_C$  就越多。也就是说,由于轨道半径处于关系 " $r_A<r_B<r_C$ ", 因此相应轨道 TA 至 TC 的狭缝数量被设定为满足关系 " $n_A<n_B<n_C$ "。从相应轨道 TA 至 TC, 分别获得与狭缝数量  $n_A$  至  $n_C$  对应的重复数的周期信号。周期信号中码盘 110 的每圈( $360^\circ$ )中的重复数也分别被称为周期数  $m_A$  至  $m_C$ 。也就是说,周期数  $m_A$  至  $m_C$  是分别与狭缝数量  $n_A$  至  $n_C$  对应的数量。因此,相应轨道 TA 至 TC 的狭缝数量  $n_A$  至  $n_C$  被设定为与所需分辨率对应的数量,使得绝对位置  $x$  可按照所需精度被检测。然而,狭缝数量  $n_A$  比狭缝数量  $n_B$  大一。

[0102] 狭缝 SLA 至 SLC 的每个间距  $p_{LA}$  至  $p_{LC}$  被设定成大致相同间距  $p$  ( $p=p_{LA}=p_{LB}=p_{LC}$ )。在此,狭缝的间距  $p_{LA}$  至  $p_{LC}$  是狭缝在轨道的宽度  $w_A$  至  $w_C$  的中心部中的间隔(间距)。通过将多个轨道 TA 至 TC 的相应间距  $p_{LA}$  至  $p_{LC}$  设定成大致相同间距,可使得多个轨道 TA 至 TC 的衍射干涉光学系统被共用。因此,可以有利于制造(包括设计或开发的过程)。

[0103] (狭缝 SLA 至 SLC 的形状)

[0104] 在此,阐述狭缝 SLA 至 SLC 的形状。

[0105] 狭缝 SLA (第一弯曲狭缝的示例)和狭缝 SLB (第二弯曲狭缝的示例)被形成为以预先确定的弯曲程度弯曲的“弯曲狭缝”。将在下文详细地描述弯曲狭缝。

[0106] 狭缝 SLC 沿着以码盘中心 O (旋转轴线 AX)为中心的多条径向线(图 6 中的径向线 LINE1)从而沿径向方向延伸,这些径向线以预先确定的角度间隔被设定。具有这种形状的狭缝也被称为“径向狭缝”。在本实施方式中,狭缝 SLC 的数量  $n_C$  是最大的,编码器 100 的最大分辨率由轨道 TC 来确定。

[0107] 在此,在其中相同数量的狭缝以相同间距(相同分辨率)被形成的情况下,如果使用径向狭缝,那么可以将轨道半径抑制成小的半径。因此,通过利用径向狭缝来形成狭缝 SLC,与其中利用弯曲狭缝来形成狭缝 SLC 的情况相比可以将码盘半径抑制为小的半径。要注意,这并不防止轨道 TC 的狭缝 SLC 由弯曲狭缝形成,并且还可以由弯曲狭缝来形成全部轨道 T 的狭缝 SL。此外,还可以由弯曲狭缝形成多个轨道 TA 至 TC 中的至少一个或多个。

[0108] (1-2-2. 检测器 130A 至 130C)

[0109] 接下来,参考图 2 至图 5 来阐述检测器 130A 至 130C,并且更具体地阐述使用检测器的光学检测机构。

[0110] (光学检测机构)

[0111] 如图 2 所示,检测器 130A 被设置成面对轨道 TA。检测器 130A 与轨道 TA 一起构成第一光学检测机构。检测器 130B 被设置成面对轨道 TB。检测器 130B 与轨道 TB 一起构成第二光学检测机构。检测器 130C 被设置成面对轨道 TC。检测器 130C 与轨道 TC 一起构成第三光学检测机构。

[0112] 检测器 130A-130C 的相应光学检测机构的共同之处在于,每个光学检测机构都具有独立的衍射干涉光学系统等,如上文所述的。因此,在本文中,将其中一个光学检测机构作为示例来阐述,并且在下文单独描述每个光学检测机构不同的方面。

[0113] 在本说明书中,检测器 130A 至 130C、轨道 TA 至 TC 和旋转栅格 LA 至 LC 也都被分别简称为“检测器 130”、“轨道 T”和“旋转栅格 L”。此外,被包括在旋转栅格 L 中的狭缝(狭缝 SLA 至 SLC)也被简称为“狭缝 SL”。此外,狭缝 SL 的间距(间距  $p_{LA}$  至  $p_{LC}$ )也被简称为“间距  $p_L$ ”。此外,狭缝的数量(狭缝数量  $n_A$  至  $n_C$ )也被简称为“狭缝数量 n”。此外,从光学检测机构获得的周期信号的周期数(周期数  $m_A$  至  $m_C$ )也被简称为“周期数 m”。

[0114] 如图 4 所示,检测器 130 具有掩模 120、发光部 131 和受光部 132。要注意,由于图 4 是用于阐述光学检测机构的操作原理的操作原理图,因此构成光学检测机构的每个元件的布置关系与实际布置关系不同。

[0115] 掩模 120 设置成面对码盘 110,并且在它们之间具有间隙 g。掩模 120 被固定到构成编码器 100 的框架主体上。也就是说,码盘 110 相对于掩模 120 旋转。掩模 120 由遮光的材料形成。掩模 120 具有两个光学固定栅格 G1 和 G2 (固定衍射栅格),所述光学固定栅格分别具有透射光的多个狭缝 SG1 和多个狭缝 SG2。换句话说,掩模 120 通过固定栅格 G1 和 G2 的狭缝 SG1 和 SG2 来透射光。固定栅格 G1 和 G2 与旋转栅格 L 一起构成具有三个栅格的衍射干涉光学系统。在下文中,固定栅格 G1 被称为一次固定栅格,并且固定栅格 G2 被称为二次固定栅格。

[0116] 一次固定栅格 G1 和二次固定栅格 G2 被形成在同一掩模 120 中。然而,一次固定栅格 G1 和二次固定栅格 G2 可形成在分离的掩模 120 中。在其中栅格被形成于分离的掩模 120 中的情况下,期望将一次固定栅格 G1 和二次固定栅格 G2 布置成使得所述一次固定栅格 G1 和旋转栅格 L 之间的距离(间隙 g)以及旋转栅格 L 和二次固定栅格 G2 之间的距离(间隙 g)在码盘 110 的相同表面侧相等。

[0117] 通过使用与旋转栅格 L 等距离的两个固定栅格 G1 和 G2 并且如上所述通过将反射类型的狭缝用作旋转栅格 L 的狭缝 SL,即使盘 110 和检测器 130 之间的位置关系变动,固定栅格 G1 和 G2 的间隙 g 也都是恒定。因此,可以降低间隙 g 的变动对衍射干涉光学系统的影响。

[0118] 在本文中,阐述了相应光学检测机构的检测器 130A 至 130C 的间隙 g(分别是第一至第三间隙的示例)之间的关系。

[0119] 在本实施方式中,相应轨道 TA 至 TC 的狭缝 SLA 至 SLC 的间距  $p_{LA}$  至  $p_{LC}$  被设定为间距  $p_L$  从而彼此大致相等,且因此可以将每个检测器 130A 至 130C 与码盘 110 之间的每个间隙 g 设定成彼此大致相等,如图 2 所示。

[0120] 在其中如上所述检测器 130A 至 130C 与码盘 110 之间的间隙 g 被设定成彼此大致相等的情况下,可以共同设计或开发与用于每个检测器 130A 至 130C 的间隙 g 对应的衍射

干涉光学系统。

[0121] 此外,通过将图 4 所示的检测器 130A 至 130C 的相应掩模 120 (第一至第三掩模) 形成为一体式单元,针对相应的检测器 130A 至 130C 每次都可以调节制造(组装)编码器 100 时的间隙  $g$ 。因此,有利于编码器 100 的制造。

[0122] 要注意,类似地通过使得旋转栅格 LA 至 LC 和与其对应的固定栅格 G1、G2 的任何两者之间的间隙  $g$  相同,获得这种作业效果。然而,期望这样的光学检测机构,在所述光学检测机构中,间隙  $g$  被使得与其中轨道 T 的间距  $p_L$  被设定成彼此相等的光学检测机构的情况相同。

[0123] 随后,阐述发光部 131 和受光部 132,并且还分别阐述固定栅格 G1 和 G2。

[0124] 如图 4 所示,发光部 131 具有光源并且朝向形成于掩模 120 中的一次固定栅格 G1 发射光。由发光部 131 所发射的光的波长和强度并不被具体地限制。然而,光的波长和强度根据衍射干涉光学系统的特征和所需位置分辨率等被合适地确定。此外,作为待被发射的光,在本实施方式中使用发散光。通过使用发散光,待在下文描述的一次固定栅格 G1 中的每个狭缝 SG1 可被认为实质上是线光源。由此,衍射干涉效应被提高。要注意,如果狭缝 SG1 如上所述可被认为实质上是线光源,那么还可以使用平行光、激光、会聚光等作为待被发射的光。根据待被使用的光的特征等(例如,平行光、激光、会聚光或发散光),发光部 131 还可以具有光学器件,例如发散透镜。

[0125] 一次固定栅格 G1 形成于其中由发光部 131 发射的光进入所处的位置中。一次固定栅格 G1 具有透射类型的多个狭缝 SG1。多个狭缝 SG1 衍射该入射光。由此,穿过每个狭缝 SG1 并且被发射到码盘 110 的光会聚成将每个狭缝 SG1 作为实质上线光源的光。

[0126] 要注意,形成于一次固定栅格 G1 中的多个狭缝 SG1 之间的间距  $p_{G1}$  被形成为满足针对旋转栅格 L 的多个狭缝 SL 之间的间距  $p_L$  的关系“ $p_{G1}=i \times p_L (i=1, 2, 3 \dots)$ ”。在此,具体地在“ $i=1, 2$ ”的情况下,在许多情况下被获得的周期信号的强度都是高的。此外,在“ $i=2$ ”的情况下,在许多情况下周期信号的强度比在“ $i=1$ ”的情况更高。另一方面,周期信号的周期数  $m$  不仅取决于狭缝数量  $n$  还取决于“ $i$ ”而变化。具体地,至少在“ $i=1, 2$ ”的情况下,周期数  $m$  变为“ $m=2 \times n / i$ ”。在下文中,为了便于说明,阐述“ $i=2$ ”(即,“ $p_{G1}=2p_L$ ”并且“ $m=n$ ”)的情况。

[0127] 要注意,已经穿过一次固定栅格 G1 的光根据进入一次固定栅格 G1 时的入射角而沿一次固定栅格 G1 的宽度方向扩散。因此,期望将旋转栅格 L 的狭缝 SL 的宽度设定成比一次固定栅格 G1 的狭缝 SG1 的宽度更大的宽度,以便在扩散角度方面增加信号强度。此时,通过将旋转栅格 L 的狭缝 SL 的宽度设定成比已经穿过一次固定栅格 G1 的光所预期达到的宽度更大的宽度,由透射光的狭缝 SL 反射的光量增加,且因此抑制图像的尺寸的变动。另选地,通过将旋转栅格 L 的狭缝 SL 的宽度设定成比已经穿过一次固定栅格 G1 的光所预期达到的宽度更窄的宽度,透射光在峰值位置中被反射,在峰值位置中通过狭缝 SL 的透射的光量是大的,并且因此即使狭缝 SL 的位置稍微移位,也抑制由狭缝 SL 反射的光所形成的图像尺寸的变动。也就是说,通过将宽度设定成比用于已经穿过一次固定栅格 G1 的光所预期达到的宽度更大或更窄的宽度,可以进一步改善信号的稳定性,而抵抗接一次固定栅格 G1 和旋转栅格 L 中的误差。

[0128] 以与上文所述相同的方式,由旋转栅格 L 反射的光根据进入旋转栅格 L 时的入射

角而沿旋转栅格 L 的宽度方向扩散。因此,还期望将下文待述的二次固定栅格 G2 的狭缝 SG2 的宽度设定成比旋转栅格 L 的狭缝 SL 的宽度更大的宽度,以便考虑到扩散角度来增加信号强度。此时,通过将二次固定栅格 G2 的狭缝 SG2 的宽度设定成比已由旋转栅格 L 反射的光所预期达到的宽度更大或更窄的宽度,还可以进一步改善信号的稳定性,而抵抗附接二次固定栅格 G2 和旋转栅格 L 中的误差。

[0129] 然而,如果能够保证足够的信号强度并且还能够充分地保证信号的稳定性而抵抗附接中的误差,那么一次固定栅格 G1、二次固定栅格 G2 和旋转栅格 L 的狭缝的相应宽度之间的关系不被具体地限制。

[0130] 期望将一次固定栅格 G1 的多个狭缝 SG1 形成为处于面对位置中的狭缝 SL 大致平行,以便提高由旋转栅格 L 和二次固定栅格 G2 一起形成的衍射干涉光学系统的衍射干涉效应并且以便降低噪音。

[0131] 也就是说,如图 3 所示,旋转栅格 LA 和 LB 的狭缝 SLA 和 SLB 是弯曲狭缝,且因此期望还通过弯曲狭缝来形成检测器 130A 和 130B 的一次固定栅格 G1 的多个狭缝 SG1 以及二次固定栅格 G2 的多个狭缝 SG2。另一方面,旋转栅格 LC 的狭缝 SLC 是径向狭缝,且因此期望还通过径向狭缝来形成检测器 130C 的固定栅格 G1 和 G2 的多个狭缝 SG1 和 SG2。

[0132] 在该情况下,还如专利文献 1 中关于径向狭缝所述的,径向狭缝的间距  $p_L$  与轨道 T 的整个圆周的长度相比足够短,且因此可以在光学上将径向狭缝当作平行狭缝。因此,可以将检测器 130C 的一次固定栅格 G1 的与径向狭缝对应的多个狭缝 SG1 形成为彼此平行地邻近的“平行狭缝”。期望将平行狭缝(对应于径向狭缝的多个狭缝 SG1)设置成在径向狭缝被当作平行狭缝的情况下平行于所述平行狭缝。类似地,还可以将检测器 130A 和 130B 的一次固定栅格 G1 的与弯曲狭缝对应的多个狭缝 SG1 形成为平行狭缝,如图 5 所示。期望将平行狭缝(对应于弯曲狭缝的多个狭缝 SG1)设置成大致平行于 LINE2 (将在下文描述)的切线 LINE3,所述 LINE2 与每个弯曲狭缝延伸所处的方向相一致,如图 5 所示。

[0133] 通过将径向狭缝和弯曲狭缝对应的两个一次固定栅格 G1 形成为平行狭缝,可以共同使用所述狭缝。由此,可以不仅进一步有利于制造等,而且还有利于降低制造成本。

[0134] 如图 4 所示,由一次固定栅格 G1 所衍射的光被发射到与一次固定栅格 G1 对应的旋转栅格 L。发射到旋转栅格 L 的光由旋转栅格 L 的狭缝 SL 反射。此时,所反射的光由旋转栅格 L 进一步衍射。然后,由旋转栅格 L 衍射的光被发射到二次固定栅格 G2。

[0135] 二次固定栅格 G2 形成在供由旋转栅格 L 衍射的光进入的位置中。形成于二次固定栅格 G2 中的狭缝 SG2 的间距  $p_{G2}$  被设定成与形成于一次固定栅格 G1 中的狭缝 SG1 的间距  $p_{G1}$  相同。也就是说,在本实施方式中,满足“ $p_{G1}=p_{G2}=2 \times p_L$ ”。此外,狭缝 SG2 的形状、狭缝 SG2 与旋转栅格 LA 和 LB 的狭缝 SLA 和 SLB 之间的位置关系等都与上述的一次固定栅格 G1 的狭缝 SG1 的情况相似。因此,将省略其详细说明。

[0136] 要注意,不同于一次固定栅格 G1,二次固定栅格 G2 被划分为两个或更多个区域(例如,如图 5 所示的区域 G2A 和 G2B)。每个区域中的狭缝 SG2 的间距  $p_{G2}$  被形成为在该区域中都是相同的。将区域的边界夹设在其间的相邻狭缝 SG2 之间的间距(例如,如图 5 所示的边界部间距  $p_r$ )被设定为比间距  $p_{G2}$  长(或短)“ $p_{G2}/4$ ”的间距。要注意,为了便于说明,在下文中,阐述如图 5 所示的其中二次固定栅格 G2 被划分为两个区域 G2A 和 G2B 的情况。

[0137] 被发射到二次固定栅格 G2 的光形成干涉图案,在所述干涉图案中,由旋转栅格 L

的多个狭缝 SL 中的每个衍射的光彼此干涉。干涉图案中的明亮部的位置由此根据当码盘 110 旋转时一次固定栅格 G1 和旋转栅格 L 之间的位置关系的变化而移动。由此,穿过区域 G2A 和 G2B 的相应狭缝 SG2 的光的强度以正弦波形状增加/减少,其中电气角移相  $90^\circ$ ,这是因为边界部间距  $p_r$  被设定为比间距  $p_{G2}$  长(或短)“ $p_{G2}/4$ ”的间距。

[0138] 受光部 132 设置成接收已经穿过二次固定栅格 G2 的狭缝 SG2 的光。例如,受光部 132 具有受光元件,例如光电二极管。借助该受光元件,所接收的光的强度被转换为电信号。在该情况下,例如受光部 132 具有两个受光表面,使得能够针对区域 G2A 和 G2B 中的每个单独地产生电信号。

[0139] 由受光部 132 产生的电信号变为形状大致为正弦波的周期性电信号(也被称为“周期信号”),所述周期性电信号每当码盘 110 旋转对应于间距  $p$  的量就重复。分别对应于区域 G2A 和 G2B 的周期信号变为两个周期信号,这两个周期信号的相位移位  $90^\circ$ ,如与穿过分别形成于区域 G2A 和 G2B 中的狭缝 SG2 的光的强度那样。

[0140] 这两个周期信号还分别被称为“A 相周期信号”和“B 相周期信号”。然后,在第一光学检测机构、第二光学检测机构和第三光学检测机构中的每个获得的两个周期信号也分别被统称为“第一检测信号”、“第二检测信号”和“第三检测信号”。

[0141] 如上所述,在光学检测机构中,构造具有三个栅格的衍射干涉光学系统。因此,如果由于与间距  $P_L$ 、 $P_{G1}$ 、 $P_{G2}$  等的关系而发生干涉,而与间隙  $g$  的尺寸无关,那么可以检测期望的周期信号。

[0142] 同时,几何光学型编码器接收已经仅仅穿过狭缝 SL 的光,并且因此如果间隙  $g$  的尺寸增大,那么由于光的衍射成分和扩散成分的影响,噪音因而增加。由此,间隙  $g$  需要被设定为小的。与此相比,在利用如在本实施方式中描述的这种衍射干涉光学系统的编码器 100 中,可以使得固定构件和旋转构件之间的间隙  $g$  是大的。由此,可以提高设计或开发的自由度,并且还可以降低固定构件和旋转构件由于撞击等而干涉的这种问题发生的可能性。

[0143] 要注意,在本实施方式中,具有三个栅格(旋转栅格 L 和固定栅格 G1 和 G2)的衍射干涉光学系统如前所述作为示例被阐述。但是本发明不局限于此。例如,通过利用在二次固定栅格 G2 的每个狭缝 SG2 的位置中具有受光面的带状受光元件来取代二次固定栅格 G2,还可以形成具有三个栅格的伪衍射干涉光学系统。此外,通过利用在一次固定栅格 G1 的每个狭缝 SG1 的位置中发射光的带状或直线发光元件等来取代一次固定栅格 G1,还可以形成具有三个栅格的伪衍射干涉光学系统。此外,如果可以构造类似衍射干涉光学系统,那么栅格的数量并不被具体地限制。

[0144] (1-2-3. 弯曲狭缝的构造)

[0145] 接下来,参考图 5 和图 6,详细地阐述在上述旋转栅格 LA 和 LB 中使用的弯曲狭缝。

[0146] (一个轨道 T 中的弯曲狭缝)

[0147] 首先参考图 6,作为示例来阐述其中一个弯曲狭缝,即,形成于轨道 TA 的旋转栅格 LA 中的狭缝 SLA 或形成于轨道 TB 的旋转栅格 LB 中的狭缝 SLB。将单独阐述狭缝 SLA 和狭缝 SLB 之间的不同点。

[0148] 旋转栅格 L 的狭缝 SL 被设置在轨道 T 中。如上所述,旋转栅格 L 的至少一个或多个狭缝 SL 被形成为与径向狭缝不同的呈弯曲形状的弯曲狭缝。狭缝 SL 形成在以旋转轴线

AX 作为中心的超过 0 度并且小于 360 的角度范围内。

[0149] 具体地,形成为弯曲狭缝的狭缝 SL (这里,简称为“狭缝 SL”)沿着 LINE2 形成,如图 6 所示。LINE2 是弯曲线,其通过使得径向线 LINE1 以码盘中心 O (旋转轴线 AX)为中心沿周向方向以预定弯曲度 C 弯曲而形成。

[0150] 能够想到沿着如上所述的弯曲线 LINE2 的狭缝 SL 的各种形成示例。如下将描述狭缝 SL 的形成示例。

[0151] 对应于相应狭缝 SL 的径向线 LINE1 被设定成在数量上对应于具有预定分割角度的狭缝的数量 n,所述预定分割角度由一圈  $2\pi$  ( $360^\circ$ )除以待被设置在轨道 T 中的狭缝数量 n 来获得。通过使得每条径向线 LINE1 沿相同周向方向以相同弯曲度 C 弯曲,来设定每个狭缝 SL 的弯曲线 LINE2。每个狭缝 SL 以该方式以预定宽度沿着每条弯曲线 LINE2 被形成。

[0152] 此外,更具体地利用表达式来解释狭缝 SL 的形成示例。

[0153] 码盘中心 O 被当作原点,与原点的距离是 d,与经过原点的基准线的角度是  $\theta$ ,并且轨道 T 的内径和外径分别是  $r_{IN}$  和  $r_{OUT}$ 。因此,被包括在轨道 T 的旋转栅格 L 中的狭缝的数量被当作 n,并且假定每个狭缝用 j ( $j=0, 1, 2, \dots, n-1$ ) 标记。然后,径向线 LINE1 由下述表达式 1 以极坐标表述。

[0154]  $LINE1=(d, j \times 2\pi/n) \dots$  (表达式 1)

[0155] 其中  $r_{IN} \leq d \leq r_{OUT}$ 。

[0156] 接下来,在其中弯曲度被当作是 C 并且使得旋转栅格 L 的多个狭缝 SL 的间距变为期望  $p_L$  的半径(轨道 T 的宽度方向上的中心的半径)被当作是  $r_0$  的情况下,弯曲线 LINE2 由下述表达式 2 以极坐标表述。狭缝 SL 沿着弯曲线 LINE2 在轨道 T 的预定宽度  $w(=r_{OUT}-r_{IN})$  内形成。

[0157]  $LINE2=(r_0(1-C\theta), \theta + j \times 2\pi/n) \dots$  (表达式 2)

[0158] 其中  $r_{IN} \leq r_0(1-C\theta) \leq r_{OUT}$ 。

[0159] 要注意,在弯曲狭缝的形成示例的情况下,弯曲度 C 由下述表达式 3 来表述。

[0160]  $C=\tan[\sin^{-1}\{p_L \times n/(2\pi r_0)\}] \dots$  (表达式 3)

[0161] 期望形成具有宽度  $w(=r_{OUT}-r_{IN})$  的轨道 T,藉此由旋转栅格 L 反射的、在穿过二次固定栅格 G2 之后已经由受光元件接收的光的量变得足够。在本实施方式的衍射干涉光学系统中,如果轨道 T 的宽度 w 被设定成例如是旋转栅格 L 的间距  $p_L$  的大约 20 至 50 倍,那么获得足够量的光。因此,如从表达式 3 将看出的,作为弯曲狭缝的狭缝 SL 形成在以码盘中心 O 为中心的  $180^\circ$  或更小的范围内。也就是说,每个弯曲狭缝 SL 均被形成为不周向延伸过轨道 T 的一圈以上。通过以这种方式形成弯曲狭缝,可以增加码盘 110 的强度并且可以有利于形成狭缝 SL。

[0162] 通常,在本实施方式的由旋转栅格 L 构造的这种衍射干涉光学系统中,被包括在旋转栅格 L 中的多个狭缝 SL 的间距在与沿狭缝 L 的纵向方向的位置无关的情况下变得越均匀,那么能够越多地减少待被获得的正弦波周期信号中的噪音,并且可越多地改善位置检测精度。换句话说,在沿着狭缝 SL 从轨道 T 的宽度 w 的中心朝向该轨道的内侧或外侧(内周或外周)运动的情况下针对该运动量的间距  $p_L$  的变化量越小,那么噪音被抑制得更低,并且越多地改善检测精度。

[0163] 关于该点,根据本实施方式的弯曲狭缝,通过将狭缝 SL 形成为弯曲形状,可以减少狭缝 SL 的间距沿狭缝 SL 的形成方向(弯曲线 LINE2 延伸所处的方向)的变化量(在此,也被称为“间距变化率”)。结果,根据本实施方式的编码器 100,通过提高从每个光学检测机构获得的周期信号的检测精度,可以提高位置检测精度。

[0164] 例如更具体地,在径向狭缝的情况下,狭缝 SL 被形成于径向线 LINE1 上,并且狭缝 SL 沿形成方向(径向线 LINE1 延伸所处的方向)的长度变得大致等于轨道 T 的宽度 w。结果,狭缝 SL 沿狭缝 SL 的形成方向的间距的变化率相对较大。该间距的相对较大的变化率导致周期信号的检测精度的降低。狭缝的数量 n 越小,则这种检测精度的降低的幅值就越大。与此相比,在弯曲狭缝的情况下,与在径向狭缝的情况相比,可以将狭缝 SL 沿形成方向(弯曲线 LINE2)的长度增加与弯曲度 C 对应的长度量。由此,可以将狭缝 SL 的间距的变化率减少至相对较小的变化率,并且可以提高周期信号的检测精度。

[0165] 因此,通过在根据本实施方式的编码器 100 中使用这种弯曲狭缝,可以设定具有周期信号的不同周期数 m 的多个轨道 TA 至 TC,而不降低在设计和开发等中的自由度并且不降低周期信号的检测精度。因此,根据本实施方式,与其中不使用弯曲狭缝的编码器相比,可以容易地形成具有高精度的紧凑编码器 100。

[0166] 此外,一般地,在衍射干涉光学系统中,旋转栅格 L 与固定栅格 G1 和 G2 之间的最优间隙 g 取决于从发光部 131 发射的光的波长  $\lambda$  以及旋转栅格 L 的多个狭缝 SL 的间距  $p_L$ 。例如,在具有三个栅格的衍射干涉光学系统中,在  $p_{G1}=p_L=p_{G2}$  的情况下,当满足下述表达式 4 时间隙 g 变为最优间隙。在  $p_{G1}=2 \times p_L=p_{G2}$  的情况下,当满足下述表达式 5 时间隙 g 变为最优间隙。在此, k 是正整数。

$$[0167] \quad g=(2 \times k-1) \times p_L^2 / 4 \lambda \cdots (\text{表达式 } 4)$$

$$[0168] \quad g=(2 \times k) \times p_L^2 / \lambda \cdots (\text{表达式 } 5)$$

[0169] 在此,根据如本实施方式中的弯曲狭缝,通过使用例如狭缝数量 n、轨道半径 r ( $r=r_0$ ) 以及弯曲度 C 的函数 f 的表达式 6 来表述多个狭缝 SL 的间距  $p_L$ 。

$$[0170] \quad p_L=f(n, r, C)$$

$$[0171] \quad =(2 \pi r / n) \times \sin(\tan^{-1} C) \cdots (\text{表达式 } 6)$$

[0172] 因此,仅通过合适地设定弯曲度 C 而不改变狭缝数量 n (即,对应于周期信号的周期)或轨道半径 r,使得可以将间距 p 设定成最优值,以用于构造衍射干涉光学系统。由此,使得可以自由地设定轨道数量 n、轨道半径 r 等,并且使得容易实现小型化,并且还有利于设计、开发等。

[0173] 同时,在其中如专利文献 3 中所述的狭缝 SL 被形成为在轨道 T 中周向延伸一圈或多圈的情况下,与本实施方式不同,这种狭缝也被称为“多重螺旋狭缝”。在这种多重螺旋狭缝的情况下,沿径向方向堆叠的狭缝 SL 的数量增加,并且轨道 T 的宽度 w 变大,且因此难以实现小型化。因此,在设计和开发中的自由度减少,且因此,制造自身变得困难。与此相比,根据本实施方式的狭缝 SL 由弯曲狭缝而不是由多重螺旋狭缝来形成,所述弯曲狭缝的环绕量小于一圈。由此,如前文所述,通过增加在设计和开发中的自由度,可以有利于制造和小型化。从获得更高的信号精度的角度看,优选地,弯曲狭缝的环绕量等于或小于半圈,且更优选地等于或小于四分之一圈。

[0174] 要注意,此处解释的弯曲狭缝的形成示例、弯曲线 LINE2 的表达式等等仅仅是示



例。如果可以如上所述沿着在周向上弯曲的弯曲线 LINE2 形成狭缝 SL, 那么形成方法、设计方法等并不被具体地限制。

[0175] (弯曲狭缝与固定栅格侧的狭缝之间的位置关系)

[0176] 在其中平行狭缝被用作固定栅格 G1 和 G2 的情况下, 如图 5 所示, 固定栅格 G1 和 G2 设置成使得相应旋转栅格 L 的狭缝 SL 的弯曲线 LINE2 的切线 LINE3 与每个狭缝 SG1 和 SG2 彼此平行。要注意, 此处所指的“平行”并不是该词语严格意义上的平行。也就是说, “平行”意味着“大致平行”, 从而允许在设计和制造中的误差(这还适用于下文)。具体地, 例如, 可以足以使得每个狭缝 SG1 和 SG2 与切线 LINE3 在  $-5$  度与  $+5$  度的范围内相交。当使用如本实施方式中的弯曲狭缝时, 即使在其中固定栅格 G1 和 G2 的布置位置稍微移位的情况下, 弯曲狭缝的间距的变化率也相对较小, 且因此可以保证大区域, 在所述大区域中, 固定栅格 G1 和 G2 是平行狭缝并且旋转栅格 L 可被认为彼此平行。因此, 可以非常便于制造等, 并且同时进一步提高周期信号的检测精度。

[0177] (弯曲狭缝在多个轨道中的关系)

[0178] 接下来, 参考图 2 和图 3 阐述弯曲狭缝在多个轨道 TA 和 TB 之间的关系。

[0179] 在本实施方式中, 如图 2 所示, 全部轨道 TA 至 TC 的旋转栅格 LA 至 LC 与相对应的检测器 130A 至 130C 的掩模 120 之间的间隙  $g$  被设定成大致相等。另一方面, 为了形成衍射干涉光学系统, 重要的是将与间隙  $g$  相对应的狭缝 SL 的间距  $p_L$  设定成满足上述的表达式 4 或表达式 5。

[0180] 因此, 在本实施方式中, 轨道 TA 的狭缝 SLA 的弯曲度  $C$  被设定成使得如图 3 所示, 狭缝 SLA 的间距  $p_{LA}$  变得等于另一轨道 TC 的狭缝 SLC 的间距  $p_{LC}$ 。类似地, 轨道 TB 的狭缝 SLB 的弯曲度  $C$  也设定成使得狭缝 SLB 的间距  $p_{LB}$  变得等于狭缝 SLC 的间距  $p_{LC}$ 。

[0181] 另一方面, 如前文所述, 轨道 TA 的狭缝的数量  $n_A$  比轨道 TB 的狭缝的数量  $n_B$  小一。

[0182] 由于上述, 可以使得在全部轨道 TA 至 TC 中的狭缝 SLA 至 SLB 的间距  $p_{LA}$  至  $p_{LC}$  大致彼此相等。要注意, 此处所指的“相等”并不是该词语严格意义上的相等。也就是说, “相等”意味着“大致相等”, 从而允许在设计和制造中的误差(这同样适用于下文)。具体地, 例如, 在间距  $p_{LA}$  至  $p_{LC}$  中可以存在在  $-10\%$  至  $+10\%$  之间的范围内的误差。因此, 可以将检测器 130A 至 130C 布置成使得间隙  $g$  相等, 同时每个检测器均形成衍射干涉光学系统。例如要注意, 间隙  $g$  可以存在在  $-10\%$  至  $+10\%$  之间的范围内的误差。在其中如上所述可以将多个检测器 130A 至 130C 形成为使得间隙  $g$  相等的情况下, 有利于沿检测器 130A 至 130C 的间隙  $g$  方向的调节。此外, 还可以一体地形成检测器 130A 至 130C。在其中检测器 130A 至 130C 一体地形成的情况下, 还可以将相应检测器的掩模 120 一体地形成成为单个掩模。在该情况下, 可以提高在设计等方面的自由度并且有利于制造。

[0183] (1-2-4. 位置数据生成部)

[0184] 接下来, 阐述位置数据生成部 140。

[0185] 如上所述, 位置数据生成部 140 获取分别来自检测器 130A 至 130C 的均具有正弦波形状的第一检测信号、第二检测信号和第三检测信号。也就是说, 位置数据生成部 140 获取用于第一检测信号、第二检测信号和第三检测信号的分别处于 A 相和 B 相的两个正弦波信号(见图 2)。

[0186] 位置数据生成部 140 分别从第一检测信号至第三检测信号来产生第一三角波信

号至第三三角波信号(周期信号的示例),所述第一三角波信号至第三三角波信号单调地增加,如图 7B 至图 7D 所示。第一三角波信号至第三三角波信号的周期分别与第一检测信号至第三检测信号的周期相同。从所述第一三角波信号和第二三角波信号,产生图 7A 所示的第一位置数据。第二三角波信号和第三三角波信号分别形成如图 7C 和图 7D 所示的第二位置数据和第三位置数据。

[0187] 要注意,由位置数据生成部 140 来生成第一三角波信号至第三三角波信号的方法并不被具体地限制。作为用于生成位置数据的方法,例如提及下述:1)通过执行对 A 相和 B 相的两个正弦波信号的除法结果的反正切操作来计算电气角 $\phi$ 的方法;2)利用跟踪电路将两个正弦波信号转换为电气角 $\phi$ 的方法;以及 3)在预先生成的表中规定与 A 相和 B 相信号的值相关联的电气角 $\phi$ 的方法。此外,此时,优选的是,在执行用于每个检测信号的 A 相和 B 相的两个正弦波信号的模数转换并且然后通过对两个转换后的数字信号执行倍乘处理而提高分辨率之后,位置数据生成部 140 生成上述位置数据。

[0188] 位置数据生成部 140 从被生成的第一位置数据、第二位置数据和第三位置数据来规定马达 200 的绝对位置  $x$ , 并且输出表示绝对位置  $x$  的位置数据。

[0189] 在下文中,更具体地阐述由位置数据生成部 140 规定绝对位置  $x$  的处理的示例。要注意,为了更容易理解,码盘 110 被简化并且阐述如下码盘,在所述码盘中,间距被设定成满足 " $p_{G1}=2 \times p_L=p_{G2}$ ", 并且狭缝 SLA、SLB 和 SLC 的数量分别是 15、16 和 64。

[0190] 如图 7A 所示,在第一位置数据中,当码盘旋转一圈时,电气角 $\phi_x(0^\circ$  至  $360^\circ)$  单调地增加(或减少)一次。

[0191] 也就是说,第一位置数据是代表当使码盘旋转一圈时的绝对位置  $x$  的数据。具体地,第一位置数据如下被生成。

[0192] 形成于第一光学检测机构的轨道 TA 中的狭缝 SLA 的数量  $n_A (=15)$  比形成于第二光学检测机构的轨道 TB 中的狭缝 SLB 的数量  $n_B (=16)$  小一。因此,当码盘旋转一圈时,第一检测信号以周期数比第二检测信号的周期数小一的方式被输出。也就是说,当码盘旋转一圈时,图 7B 所示的第一三角波信号以周期数比图 7C 所示的第二三角波信号的周期数小一的方式被输出。通过如图 7A 所示从第二三角波信号减去第一三角波信号,由  $360^\circ$  的码盘的绝对旋转角度  $\theta$  (绝对位置  $x$ ) 来生成一个周期的三角波形状的电信号(第一位置数据)。

[0193] 要注意,用于由位置数据生成部 140 生成第一位置数据的方法不被具体地限制。

[0194] 第二位置数据和第三位置数据分别是第二三角波信号和第三三角波信号。如图 7C 所示,在第二位置数据中,当码盘旋转一圈时,电气角 $\phi_B(0^\circ$  至  $360^\circ)$  单调地增加(或减少)16 次(也就是说,周期数  $m_B=16$ )。如图 7D 所示,在第三位置数据中,当码盘旋转一圈时,电气角 $\phi_C(0^\circ$  至  $360^\circ)$  单调地增加(或减少)64 次(也就是说,周期数  $m_C=64$ )。

[0195] 要注意,图 7A 至图 7D 均示出了单调地线性地增加的信号。然而,位置数据生成部 140 还可以生成例如作为第一三角波信号至第三三角波信号的单调地分阶段地增加的信号。

[0196] 第一位置数据至第三位置数据代表具有对应于周期数  $m_A$ 、 $m_B$  和  $m_C$  中的每个的分辨率的绝对位置  $x$ 。因此,第三位置数据的分辨率比第二位置数据的分辨率更高,并且第二位置数据的分辨率比第一位置数据的分辨率更高。

[0197] 因此,位置数据生成部 140 基于第一位置数据至第三位置数据计算绝对位置  $x$ ,所述绝对位置与具有最高分辨率的第三位置数据具有相同水平的分辨率。第一位置数据具有相对较低的分辨率,并且代表绝对位置。通过将由第二位置数据表示的具有相对较高分辨率的位置叠加在由第一位置数据表示的绝对位置上,位置数据生成部 140 可以计算与第二位置数据具有相同水平的分辨率的绝对位置  $x$ 。类似地,通过将由第三位置数据表示的具有更高分辨率的位置叠加在从第二位置数据计算的绝对位置  $x$  上,位置数据生成部 140 可以计算与第三位置数据具有相同水平的分辨率的绝对位置  $x$ 。换句话说,如图 7A 至图 7D 所示,通过顺序地使用第二位置数据和第一位置数据,位置数据生成部 140 将由具有最高分辨率的第三位置数据表示的位置转换为绝对位置  $x$  (游标法)。

[0198] 要注意,通过存储用于第一位置数据、第二位置数据和第三位置数据的组合的绝对位置  $x$  的基准表,位置数据生成部 140 还可以利用基准表来规定绝对位置  $x$ ,而不执行这种处理。此外,位置数据生成部 140 可设置在控制器 20 中。

[0199] (1-3. 根据第一实施方式的马达单元的操作)

[0200] 接下来,阐述根据本实施方式的马达系统 1 的操作。要注意,在每个构造中的操作和作业等已在每个构造的说明中被阐述,且因此在说明中适当地省除所述操作和作业等。

[0201] 控制器 20 从上级控制器等获取上级控制信号,并且还从编码器 100 获取表示马达 200 的绝对位置  $x$  的位置数据。然后,控制器 20 基于所述上级控制信号和位置数据来输出马达 200 的驱动电流或电压。

[0202] 由此,马达 200 基于驱动电流或电压来旋转旋转轴 201。然后,编码器 100 的借助旋转轴 101 联接到与旋转轴 201 对应的旋转轴 202 的码盘 110 也旋转。另一方面,检测器 130A 至 130C 均根据码盘 110 的旋转来检测周期信号,并且向位置数据生成部 140 输出所述周期信号。然后,位置数据生成部 140 基于所获取的信号生成位置数据并且将所述位置数据输出给所述控制器 20。

[0203] (1-4. 用于制造根据第一实施方式的编码器的方法)

[0204] 接下来,参考图 8,阐述用于制造根据本实施方式的编码器 100 的方法。

[0205] 如图 8 所示,在用于制造编码器 100 的方法中,首先执行在步骤 S101 处的处理。在步骤 S101 (确定狭缝数量的步骤的示例),对于码盘 110 的一个轨道 T,在一圈旋转中待被获得的期望周期信号的周期数  $m$  根据期望从轨道 T 获得的分辨率被确定。然后,根据所述周期,设定待在轨道 T 中形成的狭缝的数量  $n$ 。然后,该过程推进到步骤 S103。

[0206] 在步骤 S103(设置径向线的步骤的示例),在步骤 S101 确定的数量的径向线 LINE1 (见图 6)以码盘中心 O (旋转轴线 AX)为中心被以相等的角度设定。然后,该过程推进到步骤 S105。

[0207] 在步骤 S105 (设定弯曲线的步骤的示例),弯曲度  $C$  被设定成使得狭缝 SL 的间距  $p_L$  变为期望值。然后,在步骤 S103 设定的多条径向线 LINE1 沿相同周向方向以设定的弯曲度  $C$  弯曲,由此,设定多条弯曲线 LINE2。然而,在径向狭缝(例如,轨道 TC)的情况下,因此弯曲度  $C$  在步骤 S105 被设定为零(意味着,线不弯曲)。

[0208] 要注意,在步骤 S105 中,弯曲度  $C$  被设定成使得待被形成的轨道 T(一个轨道的示例)的狭缝 SL 的间距  $p_L$  等于已经形成的轨道或者由此随后待被形成的轨道(另一轨道 T 的示例)的狭缝 SL 的间距  $p_L$ 。在步骤 S105 的处理之后,该过程推进到步骤 S107。

[0209] 在步骤 S107 (形成狭缝的步骤的示例), 沿着在步骤 S105 被设定的多条弯曲线 LINE2, 多个狭缝 SL 被形成在轨道 T 中, 其中轨道的宽度  $w$  被预先确定。然后, 该过程推进到步骤 S109。

[0210] 在步骤 S109, 确认狭缝 SL 是否形成于期望的多个轨道 T 的全部中。然后, 如果存在其中尚未形成有狭缝 SL 的轨道 T, 那么在步骤 101 和随后步骤中的处理被重复进行。另一方面, 如果形成了全部的狭缝 SL, 那么该过程推进到步骤 S111。

[0211] 在步骤 S111 (设置掩模的步骤的示例), 对于其中至少间距  $p_L$  相等的两个或更多个轨道 T, 包括掩模 120 的检测器 130 被设置成使得旋转栅格 L 与固定栅格 G1 和 G2 之间的间隙  $g$  是相等的。

[0212] 要注意, 与该处理相同时、在该处理之前或之后, 执行将旋转轴 101 联接到码盘 110 的处理、将每个检测器 130 和位置数据生成部 140 联接的处理、将每个构造容纳在壳体中并且固定地或可旋转地支承所述构造的处理等, 且因此完成编码器 100。

[0213] (1-5. 根据第一实施方式的编码器的效果的示例)

[0214] 在根据本实施方式的编码器 100 等中, 至少一个轨道 T 的多个狭缝 SL 沿着弯曲线 LINE2 形成为弯曲狭缝。当码盘 110 旋转一圈时可以从该弯曲狭缝光学地获得大致表示绝对位置  $x$  的第一位置数据, 并且通过调节弯曲线 LINE2 的弯曲度  $C$  而不改变轨道 T 的形成位置或被包括在轨道 T 中的狭缝数量  $n$ , 还可以调节弯曲狭缝的间距  $p_L$ 。因此, 可以增加设计和开发等的自由度。

[0215] 此外, 对于在编码器 100 等中使用的弯曲狭缝, 可以以与其弯曲度  $C$  对应的量来增加每个狭缝 SL 的长度。由此, 可以减小沿狭缝 SL 的间距  $p_L$  的狭缝形成方向的变化量。这意味着可以使得每个狭缝 SL 沿狭缝形成方向的间距  $p_L$  是一致的, 也就是说, 可以使得作为弯曲狭缝的每个狭缝 SL 接近于平行狭缝。另一方面, 根据本实施方式的编码器 100 使用采用弯曲狭缝的衍射干涉光学系统。在衍射干涉光学系统中, 多个狭缝 SL 变得越接近于平行狭缝, 就越可以提高检测信号的 S/N 比等, 并且越可以提高检测精度。因此, 在根据本实施方式的编码器 100 中, 可以提高检测信号的 S/N 比等, 并且可以进一步提高检测精度, 这是因为通过在码盘 110 中形成弯曲狭缝而可以使得多个狭缝 SL 变得接近于平行狭缝。

[0216] 因此, 根据本实施方式的编码器 100, 使得可以执行设计和开发等, 以便通过使用衍射干涉光以及当构造衍射干涉光学系统时减少在设计或开发时的约束等而有利于制造, 并且同时提高检测精度。

[0217] 在其中轨道半径  $r$  被设定成是大的或者其中周期信号的周期数  $m$  被设定成小的情况下, 这种效果尤其有效。也就是说, 通常, 如果轨道半径  $r$  增加, 那么有必要充分地减小狭缝 SL 的间距  $p_L$  以便能够形成衍射干涉光学系统。结果, 狭缝的数量  $n$  需要不可避免地变大, 且因此与狭缝数量  $n$  相对应的周期信号的周期数  $m$  也增加。另一方面, 类似地, 在其中与上述相比周期数  $m$  减少的情况下, 轨道半径  $r$  需要不可避免地减少。然而, 在根据本实施方式的编码器 100 中, 通过如上所述调节弯曲度  $C$  可以独立地调节狭缝数量  $n$  或轨道半径  $r$ 。因此, 通过在设计或开发时显著地减少约束, 还可以执行小型化等。

[0218] 此外, 根据本发明的绝对值编码器 100, 通过在一个或多个轨道 T 中形成弯曲狭缝, 可以使得两个或更多个轨道 T 中的间距  $p_L$  相等。由此, 可以使得轨道 T 的检测器 130 (即, 掩模 120) 与轨道 T 之间的间隙  $g$  相等。

[0219] 因此,可以以大致相同的方式执行用于轨道 T 的衍射干涉光学系统设计和开发等,并且可以共同地调节与轨道 T 对应的检测器 130 的间隙 g。因此,可以显著地有利于制造(包括设计和开发的处理)。

[0220] <2. 第二实施方式>

[0221] 接下来,参考图 9 阐述根据本发明的第二实施方式的马达单元。

[0222] 在上述的本发明的第一实施方式中,阐述了如下情况,即轨道 TA 和 TB 的形成成为弯曲狭缝的狭缝 SLA 和 SLB 弯曲所沿的方向是如图 3 所示的相同周向方向。然而,本发明不局限于该示例,并且还可以使得相邻轨道的弯曲方向沿周向方向彼此相反。因此,在此,作为本发明的第二实施方式,作为示例阐述了其中相邻轨道的弯曲方向沿周向方向彼此相反的情况。要注意,根据本实施方式的编码器等与上述第一实施方式的编码器等具有相同构造,不同之处在于,轨道的弯曲方向被设定为沿周向方向彼此相反,且因此在此主要阐述与第一实施方式的不同。

[0223] 如图 9 所示,根据本实施方式的编码器的码盘 610 在轨道 TA (至少一个轨道的示例)中具有旋转栅格 LD,所述旋转栅格 LD 取代图 3 所示的旋转栅格 LA。然后,旋转栅格 LD 具有多个狭缝 SLD。

[0224] 与图 3 所示的狭缝 SLA 不同,狭缝 SLD 的弯曲方向被设定成沿周向方向与相邻轨道 TB (另一轨道的示例)的狭缝 SLB 的弯曲方向相反。也就是说,当狭缝 SLB 沿着通过将径向线 LINE1 沿顺时针方向弯曲而形成的弯曲线 LINE2 形成时,狭缝 SLD 沿着通过将径向线 LINE1 沿逆时针方向弯曲而形成的弯曲线形成,这与前述情况相反。

[0225] 另一方面,从每个狭缝 SL 生成的衍射干涉光形成干涉图案,所述干涉图案沿相对于每个狭缝 SL 的纵向方向大致成直角的方向重复。因此,作为弯曲狭缝的狭缝 SL 的纵向方向沿所述周向方向弯曲,且因此,存在其中干涉图案形成为沿相邻轨道的方向重复的情况。由此,恐怕在干涉图案与相邻轨道的衍射干涉光学系统之间发生串扰(crosstalk)。此外,存在其中编码器的开发或设计可以被限制以防止这种串扰的情况。

[0226] 在这种情况下,通过将相邻轨道 TA 和 TB 的每个狭缝 SLD 和 SLB 的弯曲方向如本实施方式中的那样沿彼此相反的方向设定,可以改变干扰图案所形成的方向,且因此可以容易地执行设计或开发以便防止发生串扰。

[0227] 当然要注意,在本实施方式中,也可以获得在上述第一实施方式中所获得的其他特定作业和效果等。

[0228] 如上所述,本发明的实施方式参考附图被详细地阐述。然而,当然本发明不局限于实施方式的示例。显然,本发明所属领域的技术人员会构想到落入权利要求书中所述的技术构思的范围内的各种变化和修改。因此,变化和修改后的技术当然应当被认为属于本发明的技术范围。

[0229] 要注意,在多个轨道之中,至少两个或更多个轨道的间距可以是大致相等的,或者可包括具有不同间距的轨道。

[0230] 在本说明书中,在流程图中描述的步骤包括以所述的顺序按时间顺序被执行的处理、以及被并行或单独地执行甚至不必要按时间顺序被执行的处理。在一些情况下,还可以合适地改变按时间顺序被执行的步骤的顺序。

[0231] 附图标记

---

[0232]	1	马达单元
[0233]	10	伺服马达
[0234]	20	控制器
[0235]	100	编码器
[0236]	101	旋转轴
[0237]	110、610	码盘
[0238]	120	掩模
[0239]	130、130A、130B、130C	检测器
[0240]	131	发光部
[0241]	132	受光部
[0242]	140	位置数据生成部
[0243]	200	马达
[0244]	201、202	旋转轴
[0245]	AX	旋转轴线
[0246]	G1	一次固定栅格
[0247]	G2	次固定栅格
[0248]	G2A、G2B	区域
[0249]	L、LA、LB、LC、LD	旋转栅格
[0250]	LINE1	径向线
[0251]	LINE2	弯曲线
[0252]	LINE3	切线
[0253]	0	码盘中心
[0254]	SG1, SG2	狭缝
[0255]	SL、SLA、SLB、SLC、SLD	狭缝
[0256]	T、TA、TB、TC	轨道

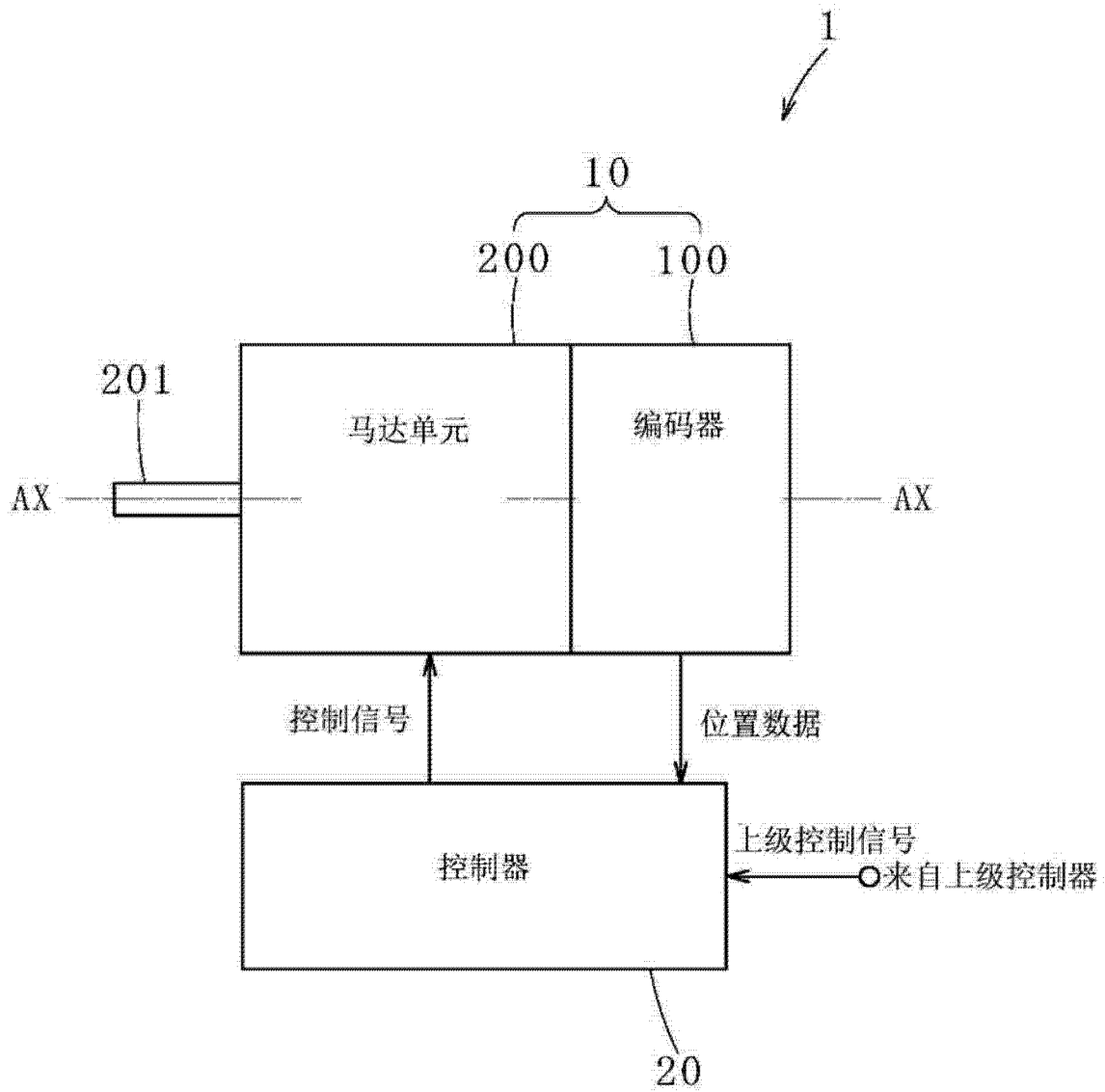


图 1

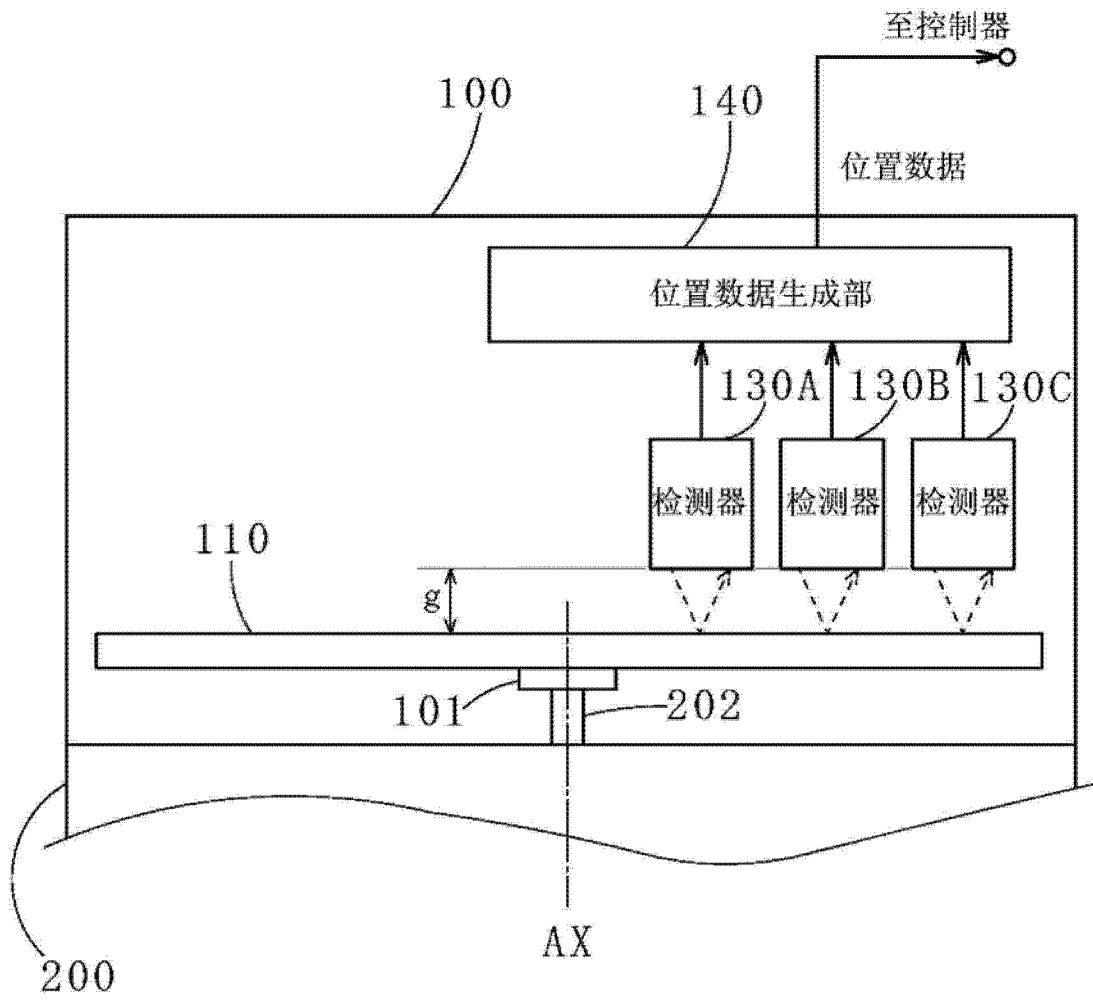


图 2



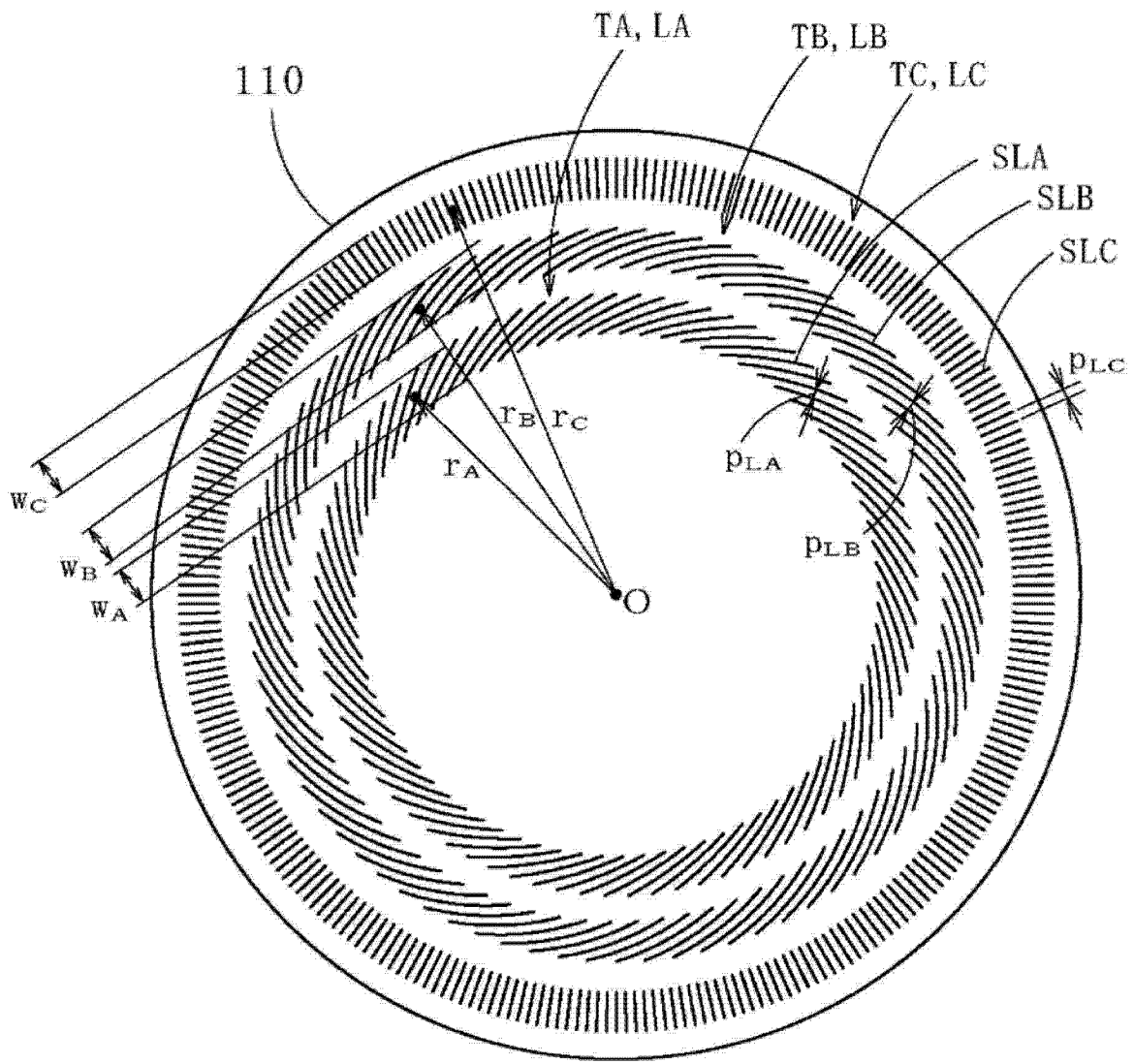


图 3

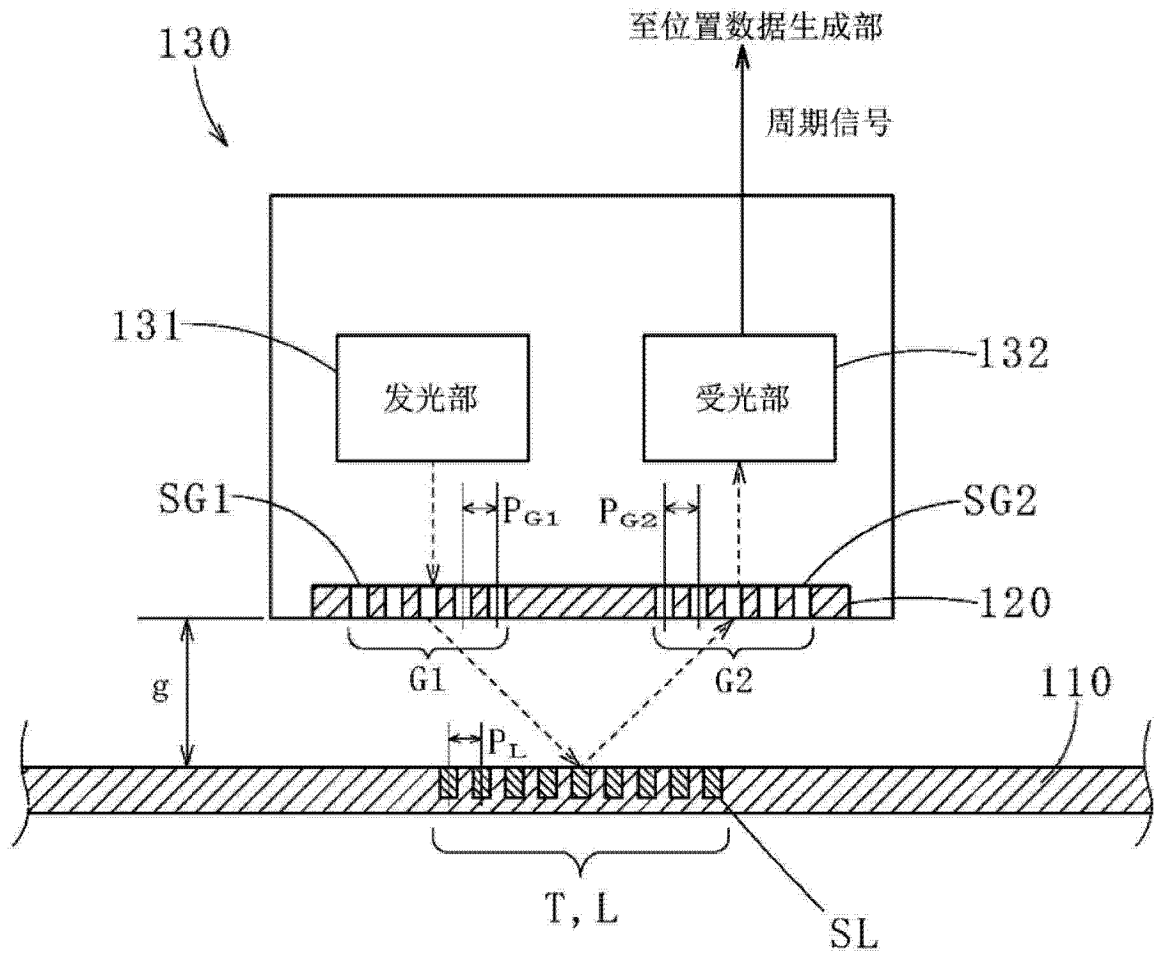


图 4

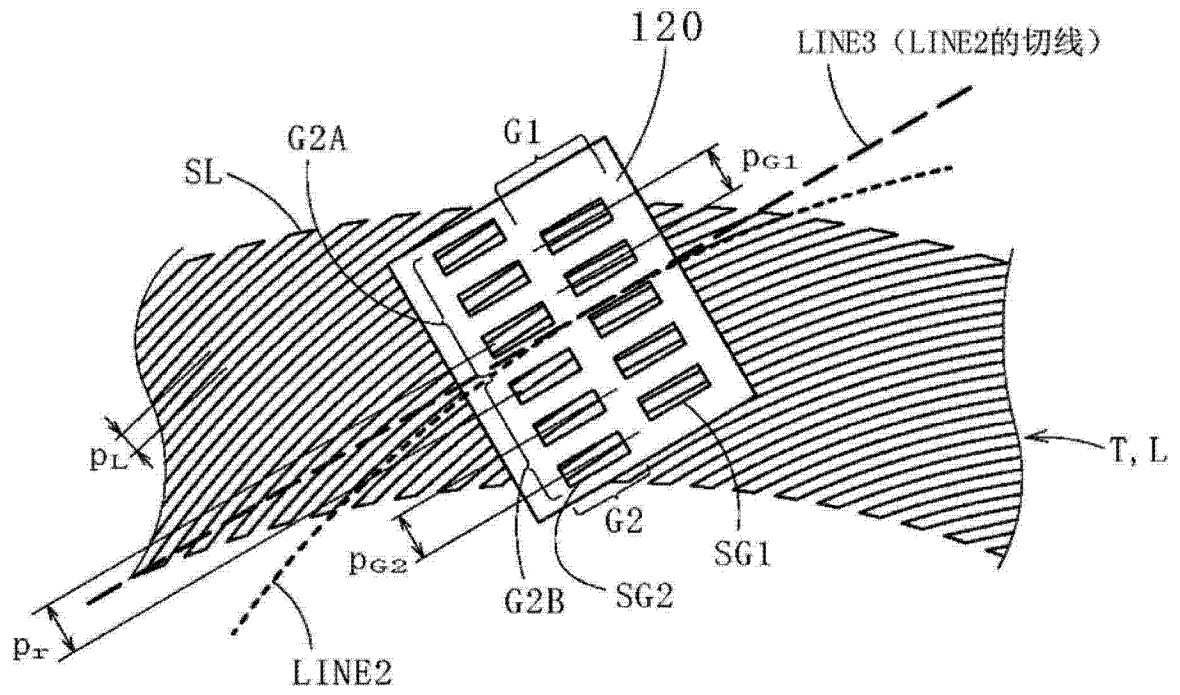


图 5

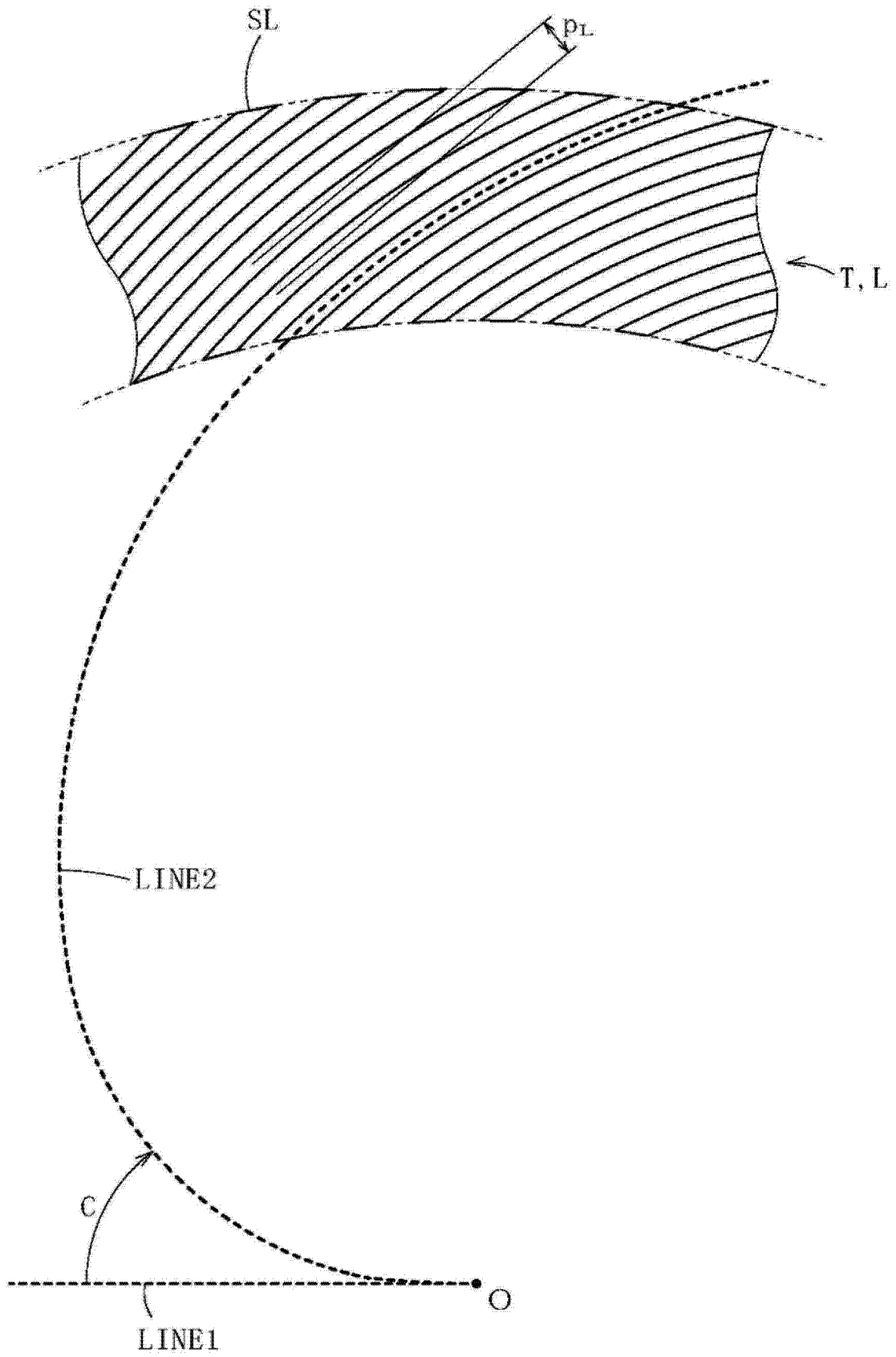


图 6

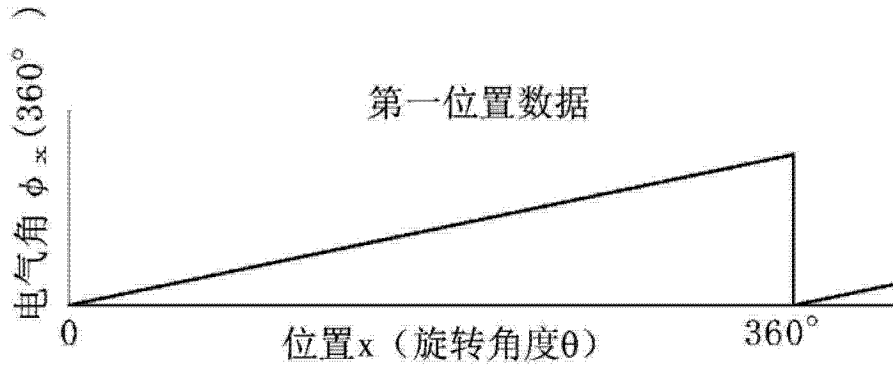


图 7A

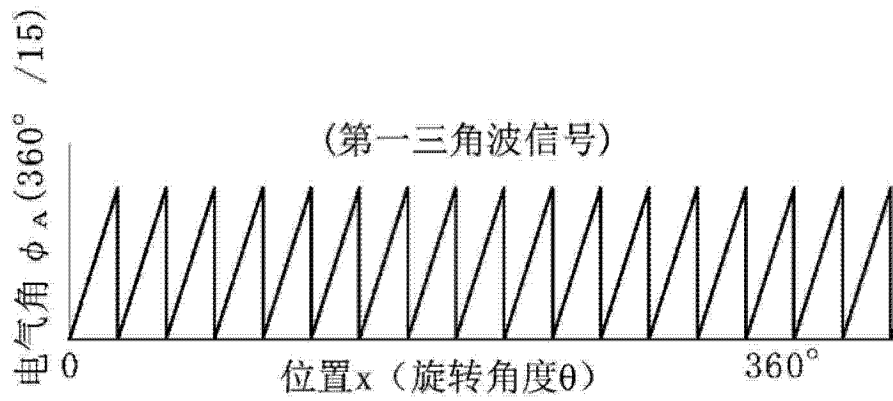


图 7B

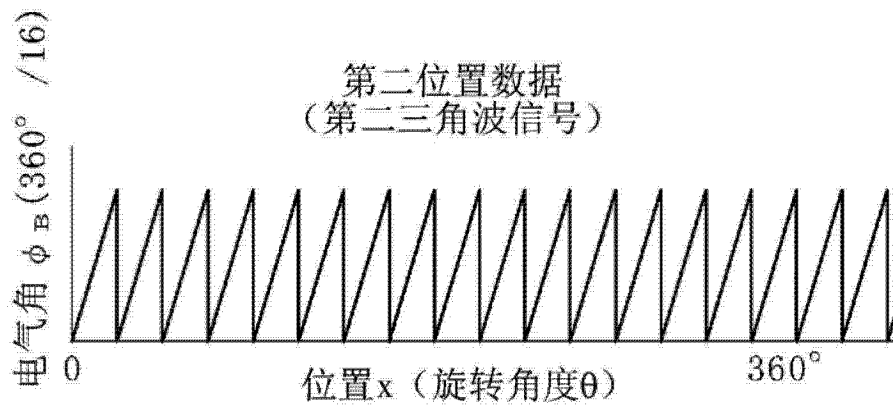


图 7C

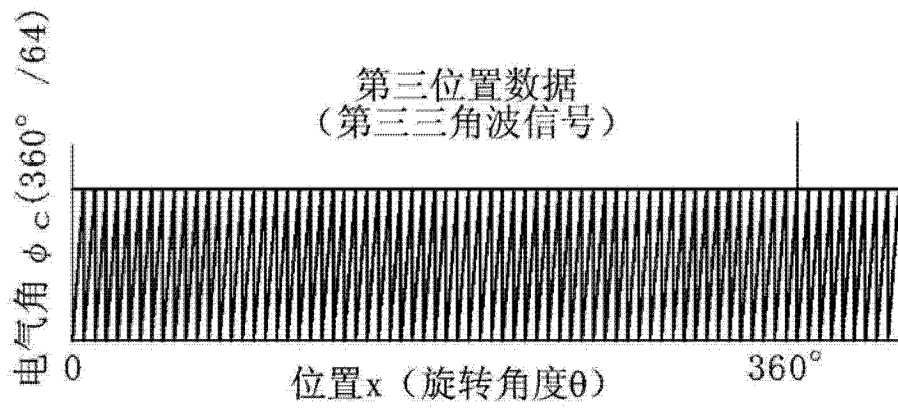


图 7D

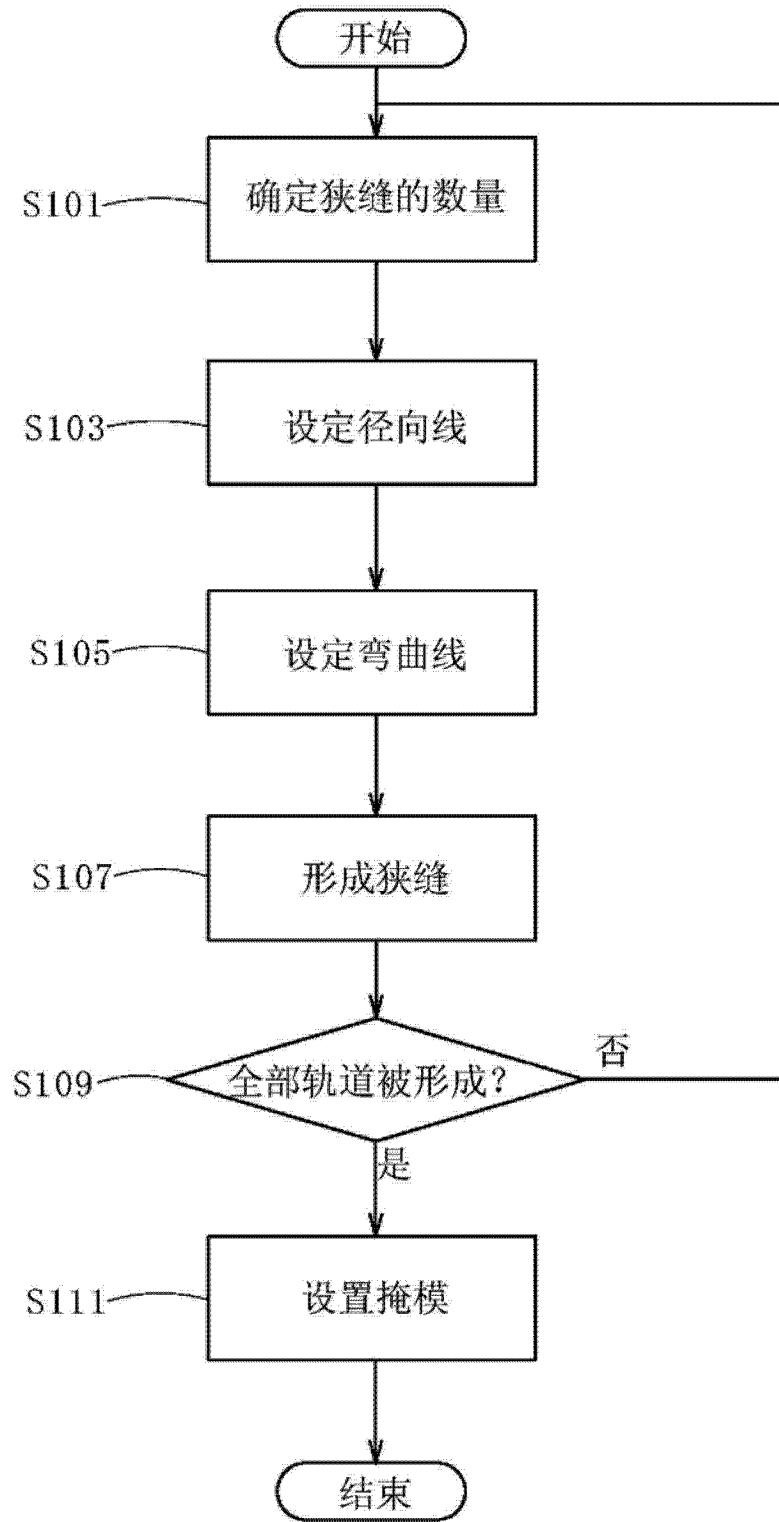


图 8

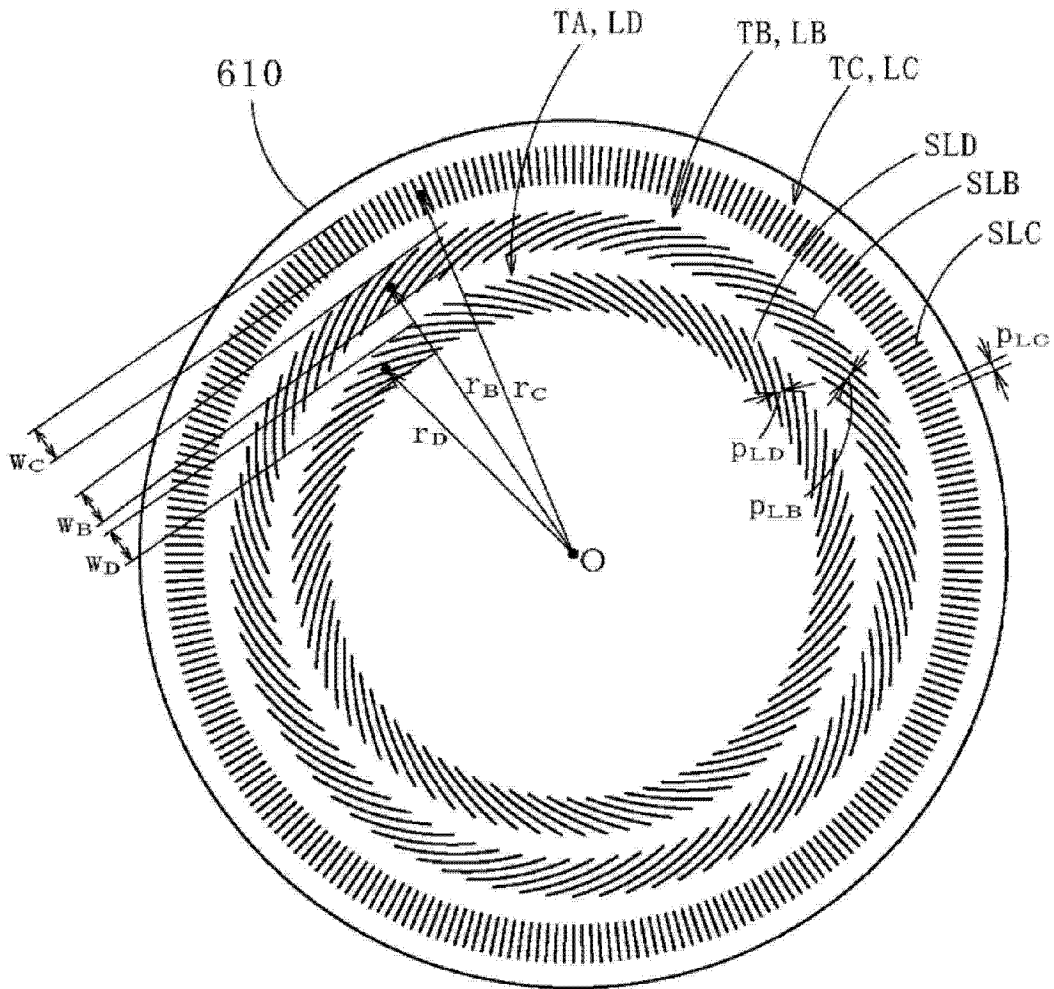


图 9