

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01B 9/02 (2006.01)

G01B 11/04 (2006.01)

G01D 5/38 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03127450.1

[45] 授权公告日 2007 年 8 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 100334422C

[22] 申请日 2003.8.7 [21] 申请号 03127450.1

[30] 优先权

[32] 2002. 8. 7 [33] DE [31] 10236230.0

[73] 专利权人 约翰尼斯海登海恩博士股份有限公司

地址 联邦德国特劳恩罗伊特

[72] 发明人 W·霍尔扎普费尔 M·赫尔曼
W·胡伯 V·赫菲尔 U·本纳
K·桑迪

[56] 参考文献

US6005667A 1999.12.21

US5430546A 1995.7.4

US5574558A 1996.11.12

审查员 孙 毅

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 胡 强 赵 辛

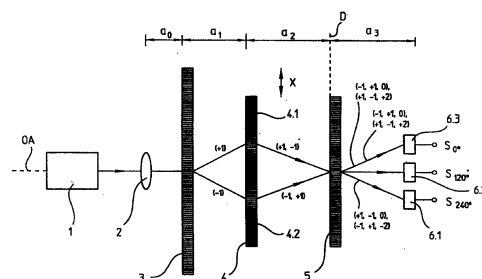
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 6 页

[54] 发明名称

干涉测位仪

[57] 摘要

提出一种包括光源的干涉测位仪，光源沿光轴方向发出光束。在光源后面的光学元件转换来自光源的光束。在转换光束区内安置一标度光栅，它将入射光束至少分解成第一和第二分光束，分光束沿不同空间方向传播。在第一和第二分光束的光路中，各安置一扫描光栅，它们又将第一和第二分光束分解成第三和第四以及第五和第六分光束，至少其中两个分光束再次相遇。在同第一目标相连的标度光栅相对同第二目标相连的光源和扫描光栅移动时，在检波平面中得到周期性调制的并有规定的空间干涉条纹图形—周期(P_{IF})的干涉条纹图形。为检测相移的扫描信号，例如可利用安置在检波平面中的检波光栅和多个光电子检波器件，或利用安置在检波平面中的周期性检波器装置。



1. 干涉测位仪，它用于测定至少在一个测量方向(X)上相对移动的两个目标的相对位置并且它包括：

- 一个光源(1)，它沿一光轴(0A)的方向发出一个光束，
- 一个安置在光源(1)后面的光学元件(2)，该光学元件转换来自光源(1)的光束，
- 一个安置在光源(1)后面的标度光栅(3)，该光栅将入射光束至少分解成一个第一分光束和一个第二分光束(+1)、(-1)，这两个分光束沿不同的空间方向传播，
- 分别安置在第一和第二分光束(+1)、(-1)的光路中的每一个扫描光栅(4.1、4.2)，其中，每个扫描光栅(4.1、4.2)又将第一和第二分光束(+1)、(-1)分解为第三和第四分光束以及第五和第六分光束，其中至少有两个分光束(+1, -1)、(-1, +1)再次相遇；其中在同第一目标相连的标度光栅(3)相对同第二目标相连的光源(1)和扫描光栅(4.1, 4.2)相对移动的情况下，在一个检波平面(D)中得到一个周期性调制的并有一个规定的空间干涉条纹图形-周期(P_{IF})的干涉条纹图形，
- 一个安置在该检波平面中的检波光栅(5)，该检波光栅将透过检波光栅(5)的光沿至少三个不同的空间方向加以分解，
- 设置在所述的至少三个空间方向上的光电子检波器件(6.1, 6.2, 6.3)，它们用于获取相移的扫描信号(S_{0° , S_{120° , S_{240°)，

其中，所述第一和第二扫描光栅被共同安置在一个扫描板(4; 14)上，所述扫描板在设有所述第一和第二扫描光栅的区域外被设计成是不透光的，因此，只有来自标度光栅的按照+1/-1级的部分光束有助于信号产生。

2. 干涉测位仪，它用于测定至少沿一个测量方向(X)相对移动的两个目标的相对位置并且它包括：

- 一个光源(11)，它沿一光轴(0A)的方向发出一个光束，
- 一个安置在光源(11)后面的光学元件(12)，它转换来自光源(11)的光束，
- 一个安置在光源(11)后面的标度光栅(13)，该光栅将入射光束至少分解成一个第一分光束和一个第二分光束(+1)、(-1)，这两个分光束沿不同的空间方向传播，

- 分别安置在第一和第二分光束(+1)、(-1)的光路中的每一个扫描光栅(14.1, 14.2), 其中, 每个扫描光栅(14.1, 14.2)又将第一和第二分光束(+1)、(-1)分解成第三和第四分光束以及第五和第六分光束, 其中至少有两个分光束(+1, -1)、(-1, +1)再次相遇; 其中, 在同第一目标相连的标度光栅(13)相对同第二目标相连的光源(11)和扫描光栅(14.1, 14.2)相对移动的情况下, 在一个检波平面(D)中得到一个周期性调制的并有一规定的空间干涉条纹图形-周期(P_{IF})的干涉条纹图形,

- 一个安置在检波平面(D)中的周期性检波器装置(16), 它用于获得相移的扫描信号(S_{0° 、 S_{90° 、 S_{180° 、 S_{270°), 该装置包括多个单独的检波器件(16.1...16.8), 其中检波器-周期(P_{DET})与空间干涉条纹图形-周期(P_{IF})是协调的,

其中, 所述第一和第二扫描光栅被共同安置在一个扫描板(4; 14)上, 所述扫描板在设有所述第一和第二扫描光栅的区域外被设计成是不透光的, 因此, 只有来自标度光栅的按照+1/-1级的部分光束有助于信号产生。

3. 按权利要求 1 或 2 所述的干涉测位仪, 其中: 所述光源(1; 11)被设计为半导体光源。

4. 按权利要求 1 或 2 所述的干涉测位仪, 其中: 所述光学元件(2; 12)被设计为透镜形式。

5. 按权利要求 1 或 2 所述的干涉测位仪, 其中: 所述标度光栅(3; 13)被设计为相位衍射光栅, 被分解的所述第一和第二分光束(+1)、(-1)对应于+/-1衍射级。

6. 按权利要求 4 所述的干涉测位仪, 其中: 所述标度光栅(3; 13)被设计为具有栅格比 $\eta_{MG}=1:1$ 和相移 $\varphi_{MG}=180^\circ$ 的相位衍射光栅。

7. 按权利要求 1 或 2 所述的干涉测位仪, 其中: 所述扫描光栅(4.1, 4.2; 14.1, 14.2)被设计成相位衍射光栅, 被分解的所述第三和第四分光束及所述第五和第六分光束分别对应于+1/-1衍射级。

8. 按权利要求 6 所述的干涉测位仪, 其中: 所述扫描光栅(4.1, 4.2; 14.1, 14.2)被设计为具有栅格比 $\eta_{AG}=1:1$ 和相移 $\varphi_{AG}=180^\circ$ 的相位衍射光栅, 它们各自具有一个扫描光栅-分解周期(TP_{AG}), 该周期小于标度光栅-分解周期(TP_{MG})。

9. 按权利要求 1 或 2 所述的干涉测位仪, 其中: 所述扫描光栅(4.1,

4.2; 14.1, 14.2)被布置成与标度光栅(3; 13)有一段距离 a_1 , 其中由所述标度光栅(3; 13)分解的第一和第二分光束(+1)、(-1)在空间上彼此分开地存在着。

10. 按权利要求 1 或 2 所述的干涉测位仪, 其中: 下式适用于在所述标度光栅(3; 13)和所述扫描光栅(4.1, 4.2; 14.1, 14.2)之间的距离 a_1 和在所述扫描光栅(4.1, 4.2; 14.1, 14.2)和所述检波平面(D)之间的距离 a_2

$$\frac{a_2}{a_1} = 2 \frac{P_{IF}}{TP_{MG}} \sqrt{\frac{1 - (\lambda / TP_{MG})^2}{1 - (\lambda / 2P_{IF})^2}},$$

在式中, a_1 : =在所述标度光栅和所述扫描光栅之间的距离,

a_2 : =在所述扫描光栅和所述检波平面之间的距离,

TP_{MG} : =标度光栅-分解周期,

P_{IF} : =检波平面中的空间干涉条纹图形-周期,

λ : =光源波长。

11. 按权利要求 10 所述的干涉测位仪, 其中: 下式适用于所述扫描光栅-分解周期 (TP_{AG})

$$TP_{AG} = 1 / (1/TP_{MG} + 1/2 P_{IF})$$

式中, TP_{AG} : =扫描光栅-分解周期。

12. 按权利要求 1 或 2 所述的干涉测位仪, 其中: 所述标度光栅(3)被安置在由所述光学元件(2)转换的光束的光腰区域内。

13. 按权利要求 1 所述的干涉测位仪, 其中: 所述检波光栅(5)被设计为相位衍射光栅, 所述检波光栅将入射光至少分解成 0 衍射级及+/-2 衍射级。

14. 按权利要求 13 所述的干涉测位仪, 其中: 所述检波光栅(5)被设计为具有栅格比 $\eta_{DG}=1:2$ 或 $\eta_{DG}=2:1$ 和相移 120° 或 240° 的相位衍射光栅, 而且具有一个检波光栅-分解周期 (TP_{DG}), 该分解周期相当于空间干涉条纹图形-周期 (P_{IF}) 的两倍。

15. 按权利要求 2 所述的干涉测位仪, 其中: 检波器-周期 (P_{DET}) 如此与空间干涉条纹图形-周期相互谐调, 即相邻的检波器件(16.1……16.8)提供了各自相位移 90° 的扫描信号 (S_0° , S_90° , S_{180° , S_{270°)。

16. 按权利要求 15 所述的干涉测位仪, 其中: 在一个空间的干涉条纹图形-周期 (P_{IF}) 内, 设有四个检波器件 (16.1, ……16.8)。

17. 按权利要求 2 所述的干涉测位仪, 其中: 提供同相的扫描信号 ($S\ 0^\circ$, $S\ 90^\circ$, $S\ 180^\circ$, $S\ 270^\circ$) 的检波器件 (16.1, …16.8) 分别导电相连。

干涉测位仪

技术领域

本发明涉及干涉测位仪。

背景技术

干涉测位仪众所周知地被用于精确测量位置，这些干涉测位仪利用光栅衍射现象产生高分辨率的且与位置相关的扫描信号。当标度光栅相对一个扫描单元移动时，就会在带有偏转衍射级的分光束中产生相移，这些相移与光路变化成比例。为了计算或掌握当时的相移，将不同的分解分光束或衍射级叠加并形成干涉。在移动的情况下，得到干涉条纹图形的周期性调制，利用一个合适的光电子检波器，便可掌握这种调制。关于这种干涉测位仪的情况，建议参考1978年出版的J. Willhelm的博士学位论文《Dreigitterschrittgeber》第4章，47-52页。

US 6,005,667的图13公开了干涉测位仪的另一变型方案。由光源发出的光束在经过透镜成束之后射入一个标度光栅，该标度光栅安置在已变换的光束的光腰区域内。入射光束被标度光栅分解成 ± 1 衍射级或被分解成相应的分光束，这些分光束传播离开光轴。这些分光束随即到达其它衍射扫描光栅，这些光栅使入射分光束偏转返射向光轴。在分光束在其中发生干涉的检波平面中，安置一个检波光栅，该检波光栅具有四个相移分区，以便在后续的检波元件上产生四个各自相位移了 90° 的扫描信号。

在这方面，还可补充参考美国专利US 5,574,558，它公开了另一种干涉测位仪。

事实证明，在这种高分辨率的测位仪中，对装配允许公差的要求原则上是很关键的。就是说，装配允许公差通常很小，而这又造成安装和校准起来很费事。为此，要求一种尽可能小的构造系统，特别是要求尽可能小地构造的扫描单元以及要求尽可能不容易被污染。原则上讲，在这种测位仪中，总扫描信号有尽可能优良的质量是重要的，特别是当规定进行电子再处理如扫描信号的内插时。但是，上述文献所公开的干涉测位仪都没有以令人满意的方式方法满足所有提出的要求。

因此，由 US 6,005,667 公开的系统虽然对标度光栅和扫描单元的失调不太敏感，但却和以前一样容易出现标度光栅污染。

事实表明，US 5,574,558 所述装置的缺点就是，该装置对在两个可相对移动的光栅之间的距离的波动很敏感，就是说，特别是在这个方向上，只有很小的装配允许公差。这是由射入第一光栅的发散的或非准直的衍射光束造成的。

发明内容

因此，本发明的任务是提供一种高分辨率的干涉测位仪，它具有大的装配允许公差并尽可能不易污染，而且可实现紧凑结构。

为此，本发明提供一种干涉测位仪，它用于测定至少在一个测量方向(X)上相对移动的两个目标的相对位置并且它包括：

- 一个光源，它沿一光轴的方向发出一个光束，
- 一个安置在光源后面的光学元件，其转换来自光源的光束，
- 一个安置在光源后面的标度光栅，该标度光栅将入射光束至少分解成一个第一分光束和一个第二分光束(+1)、(-1)，这两个分光束沿不同的空间方向传播，
- 分别安置在第一和第二分光束(+1)、(-1)的光路中的每一个扫描光栅，其中每个扫描光栅又将第一和第二分光束(+1)、(-1)分解为第三和第四分光束以及第五和第六分光束，其中至少有两个分光束(+1，-1)、(-1，+1)再次相遇；其中在同第一目标相连的标度光栅相对同第二目标相连的光源和扫描光栅相对移动的情况下，在一个检波平面中得到一个周期性调制的并有一个规定的空间干涉条纹图形-周期的干涉条纹图形，
- 一个安置在该检波平面中的检波光栅，该检波光栅将透过检波光栅的光沿至少三个不同的空间方向加以分解，
- 设置在所述的至少三个空间方向上的光电子检波器件，它们用于获取相移的扫描信号，

所述第一和第二扫描光栅被共同安置在一个扫描板上，所述扫描板在设有所述第一和第二扫描光栅的区域外被设计成是不透光的，因此，只有来自标度光栅的按照+1/-1 级的部分光束有助于信号产生。

本发明还提供一种干涉测位仪，它用于测定至少沿一个测量方向相

对移动的两个目标的相对位置并且它包括:

- 一个光源, 它沿一光轴的方向发出一个光束,
- 一个安置在光源后面的光学元件, 它转换来自光源的光束,
- 一个安置在光源后面的标度光栅, 该光栅将入射光束至少分解成一个第一分光束和一个第二分光束(+1)、(-1), 这两个分光束沿不同的空间方向传播,
- 分别安置在第一和第二分光束(+1)、(-1)的光路中的每一个扫描光栅, 其中每个扫描光栅又将第一和第二分光束(+1)、(-1)分解成第三和第四分光束以及第五和第六分光束, 其中至少有两个分光束(+1, -1)、(-1, +1)再次相遇; 在同第一目标相连的标度光栅相对同第二目标相连的光源和扫描光栅相对移动的情况下, 在一个检波平面中得到一个周期性调制的并有一规定的空间干涉条纹图形-周期的干涉条纹图形,
- 一个安置在检波平面中的周期性检波器装置, 它用于获得相移的扫描信号, 该装置包括多个单独的检波器件, 其中检波器-周期与空间干涉条纹图形-周期是协调的,

第一和第二扫描光栅被共同安置在一个扫描板上, 所述扫描板在设有所述第一和第二扫描光栅的区域外被设计成是不透光的, 因此, 只有来自标度光栅的按照+1/-1级的部分光束有助于信号产生。

作为根据本发明解决方案的优点, 首先应提出的是, 特别是在设计成旋转式测位仪的情况下, 获得了与带有标度光栅的分度盘的位置有关的大装配允许公差。不仅在径向或切向上, 而且在轴向上, 都存在大的装配允许公差。因此, 测位仪安装起来不费事。

此外, 通过本发明的干涉测位仪产生的扫描信号具有较少的不希望有的高次谐波, 也就是说, 存在着高质量的扫描信号。因此, 可以在电子信号进一步处理中减小测量误差。

还要指出的是, 在本发明提出的考虑的基础上, 可以实现结构紧凑的总系统, 所述系统即使在有限的安装条件下也可使用。

由于实现了所谓的单场扫描, 所以满足了对污染不敏感性的要求。这意味着, 万一标度光栅受污染, 总是所有产生的相移的扫描信号受到一样的影响, 因而, 在信号进一步处理时不会出现大的误差。

本发明的干涉测位仪当然既可被设计成旋转式的, 也可被设计成直线式的。此外, 基于本发明的考虑, 除了透光系统外, 还能实现反射光

系统。

根据本发明，所述光源可以被设计为半导体光源。此外，所述光学元件被设计为透镜形式。所述标度光栅优选被设计为相位衍射光栅，被分解的所述第一和第二分光束(+1)、(-1)对应于+/-1 衍射级。所述标度光栅被设计为具有栅格比 $\eta_{MG}=1:1$ 和相移 $\varphi_{MG}=180^\circ$ 的相位衍射光栅。另外，所述扫描光栅最好被设计成相位衍射光栅，被分解的所述第三和第四分光束及所述第五和第六分光束分别对应于+1/-1 衍射级。所述扫描光栅优选被设计为具有栅格比 $\eta_{AG}=1:1$ 和相移 $\varphi_{AG}=180^\circ$ 的相位衍射光栅，它们各自具有一个扫描光栅-分解周期(TP_{AG})，该周期小于标度光栅-分解周期。所述扫描光栅优选被布置成与标度光栅有一段距离 a_1 ，其中由所述标度光栅分解的第一和第二分光束(+1)、(-1)在空间上彼此分开地存在着。

在这里，下式适用于在所述标度光栅和所述扫描光栅之间的距离 a_1 和在所述扫描光栅和所述检波平面之间的距离 a_2

$$\frac{a_2}{a_1} = 2 \frac{P_{IF}}{TP_{MG}} \sqrt{\frac{1 - (\lambda / TP_{MG})^2}{1 - (\lambda / 2P_{IF})^2}},$$

在式中， a_1 ：=在所述标度光栅和所述扫描光栅之间的距离，

a_2 ：=在所述扫描光栅和所述检波平面之间的距离，

TP_{MG} ：=标度光栅-分解周期，

P_{IF} ：=检波平面中的空间干涉条纹图形-周期，

λ ：=光源波长。

在这里，下式适用于所述扫描光栅-分解周期

$$TP_{AG} = 1 / (1 / TP_{MG} + 1 / 2 P_{IF})$$

式中， TP_{AG} ：=扫描光栅-分解周期。

在本发明的干涉测位仪中，所述标度光栅被安置在由所述光学元件转换的光束的光腰区域内。所述检波光栅最好被设计为相位衍射光栅，所述检波光栅将入射光至少分解成 0 衍射级及+/-2 衍射级。所述检波光栅可以被设计为具有栅格比 $\eta_{DG}=1:2$ 或 $\eta_{DG}=2:1$ 和相移 120° 或 240° 的相位衍射光栅，而且具有一个检波光栅-分解周期，该分解周期相当于空间干涉条纹图形-周期的两倍。

此外，检波器-周期如此与空间干涉条纹图形-周期相互协调，即相邻的检波器件提供了各自相位移 90° 的扫描信号。在一个空间的干涉条纹图形-周期内，优选设有四个检波器件。

另外，提供同相的扫描信号的检波器件分别导电相连。

附图说明

从以下参照附图对一些实施例所做的说明中，得到了本发明的其它优点及细节。附图表示：

图 1 示意表示本发明干涉测位仪的第一实施形式的展开扫描光路；

图 2 示意表示从光源至标度光栅的光路；

图 3 是带有图 1 所示扫描光路的本发明干涉测位仪的旋转式实施形式的局部立体示意图；

图 4 示意表示本发明干涉测位仪的第二变型方案的扫描光路；

图 5 结合为此被扫过的干涉条纹图形地示意表示图 4 所示测位仪的检波器装置；

图 6 是带有图 4 所示扫描光路的本发明干涉测位仪的旋转式实施形式的局部立体示意图。

具体实施方式

首先，参见图 1-3 对本发明测位仪的第一变型方案加以说明。图 1 在此示意示出了测位仪的展开扫描光路。测位仪用于高精度地测定两个目标的相对位置，这两个目标在至少一个测量方向上相对移动。在图 1 所示的示意性原理图中，用箭头表示沿标度光栅 3 的测量方向 X 相对其余元件 1、2、4、5、6 的直线移动，这些元件均安装在一个扫描单元内。为此，标度光栅 3 与两个目标中的一个相连，至少一个光源 1 和扫描板 4 的扫描光栅 4.1、4.2 同其中的另一个目标相连。如结合以下说明可看到的，代替直线测量方向，当大致有两个目标相对绕一旋转轴线旋转并且要测定这两个目标的与旋转轴线有关的转角相对位置时，当然也可以规定旋转测量方向，

以下，参照图 1 来说明用于产生与移动有关的扫描信号的基本扫描光路。

从光源 1 如成激光器二极管或所谓的 VCSEL (垂直腔表面发射激光

器)形式的半导体光源中发出一个光束,该光束沿光轴 OA 方向传播。发出的光束主要最好是由作为光源 1 的 VCSEL 所发出的高斯射线的 TEM00 波型(横向电磁波型)。由光源 1 发出的光束因 VCSEL 发射特性而有一定的发散度并且利用一个光学元件 2 加以变换,该光学元件在光束传播方向上被安置在光源 1 的后面;在这个例子中,作为光学元件 2 地设有单个透镜。或者,为了光束变换,也可以考虑使用更复杂的透镜系统、反射镜系统、夫累内尔(Fresnel)透镜、GRIN-透镜(图像输入透镜),等等。

所发出的发散光束的光束变换最好如此进行,即在光学元件 2 之后存在一个近似准直的光束,该光束在离光学元件 2 的一定距离 a_0 处有一个光腰。在本文中,光腰是指沿光束传播方向的光束横断面的这样一个点,在该点上,光束具有最小面积或最小横向扩展。为清楚说明起见,在此还可补充参见图 2,该图表示光束变换前后的光束形状。如从图 2 和图 1 中看到的,在光腰区域内,在离光学元件 2 间隔距离 a_0 地设有一个标度光栅 3,经过变换的光束射入该光栅。标度光栅 3 安置在这个位置上的优点在于,由此增大了在径向或切向上以及在光束传播方向上即轴向上的装配允许公差。为在此方向上获得大的装配允许公差,原则上力求用具有微小发散度和小光束直径的光束来照射标度光栅 3。由于在预定波长的条件下无法将这些参数随意减到最小值,所以,必须为最佳安置标度光栅 3 寻找折中方案。一个折中方案就是,将标度光栅安置在所发出的或所变换的光束的光腰中,在这里,高斯射线的 TEM00 波型的发散度和光束直径的乘积具有最小值。

标度光栅 3 造成入射光束被分解成第一和第二分光束(+1)、(-1),这两个分光束沿不同的空间方向传播,在这个例子中,就是偏离开光轴 OA。在本发明测位仪的一个具体实施例中,标度光栅 3 被设计成相位衍射光栅,就是说,第一和第二分光束(+1)、(-1)对应于在各自空间方向上偏转的+1/-1 衍射级。在一个优选实施形式中,成相位衍射光栅形式的标度光栅 3 具有栅格比(栅条-间隙比) $\eta_{MG}=1:1$ 及相移 $\varphi_{MG}=180^\circ$ 。

在图 1-图 3 所示例子中,标度光栅 3 成透射光栅形式,原则上讲,另一个替代方式也是可行的,即如果总系统在反射光中工作,则标度光栅 3 成反射的反射光光栅的形式。

在标度光栅 3 将入射光束分解后,第一和第二分光束(+1)、(-1)随即在光束传播过程中分别射入一扫描光栅 4.1、4.2,该扫描光栅安置在

各自的分光路中。这两个扫描光栅 4.1、4.2 共同安置在一个扫描板 4 上。扫描板 4 在扫描光栅 4.1、4.2 之外的区域里被设计成是不透光的，这在图 1 中通过在扫描板 4 侧面上的深色图示区来表示。通过这样的方式方法，保证了只有偏离开标度光栅 3 的分光束 (+1)、(-1) 的各自 +1/-1 衍射级有助于信号产生。在这种情况下，在此仅仅指的是 +1/-1 衍射级。

通过扫描光栅 4.1、4.2，又分别对入射其中的第一和第二分光束 (+1)、(-1) 进行分光。第一分光束 (+1) 被扫描光栅 4.1 至少分成一个第三分光束和一个第四分光束；第二分光束 (-1) 经过扫描光栅 4.2 被至少分成一个第五分光束和一个第六分光束。在所产生的至少四个被分开的分光束中，至少有两个分光束 (+1, -1)、(-1, +1) 再次相遇或相交，因为它们在这个例子中再次朝向光轴 OA 传播，而其余分光束沿另外的空间方向传播，而且不再有助于信号产生。如图 1 所示，在扫描光栅 4.1、4.2 之后，只示出两个分光束 (+1, -1)、(-1, +1)，它们再次相遇，然后可用于产生与位移相关的扫描信号。

在一个优选的实施形式中，也可将扫描光栅 4.1、4.2 设计成相位衍射光栅，就是说，由这两个扫描光栅 4.1、4.2 分解的第三和第四及第五和第六分光束对应于 +/-1 衍射级。除了用于产生信号的分光束 (+1, -1)、(-1, +1) 外，图 1 还分别示出了，这些分光束对应于在不同的光栅上的哪些衍射级。

用作扫描光栅 4.1、4.2 的相位衍射光栅具有栅格比 $\eta_{AG}=1:1$ 和相移 $\varphi_{AG}=180^\circ$ ；此外，各自的扫描光栅-分解周期 TP_{AG} 被选择成小于标度光栅-分解周期 TP_{MG} 。

在例如与标度光栅 3 相连的第一目标相对与光源 1 和扫描光栅 4.1、4.2 相连的第二目标相对移动的情况下，在一个检波平面 D 中，由于分光束 (+1, -1) 和 (-1, +1) 的重叠而得到一个周期性调制的并具有一个规定的空间干涉条纹图形-周期 P_{IF} 的干涉条纹图形。从上述干涉条纹图形的合适检波中，可获得所希望的与位移相关的扫描信号。

在最后为了说明这个变型方案而对与位移相关的扫描信号的检波进行描述前，以下先就整个系统的其它有利设计原理进行探讨。

与之相关地，首先要提出的是用于适当选择距离 a_1 或 a_2 的第一参数选择原则。用 a_1 表示在标度光栅 3 和扫描光栅 4.1、4.2 之间的距离；用 a_2 表示在扫描光栅 4.1、4.2 和检波平面 D 之间的距离；关于各个不

同的参数的定义，也还得参见图 1。在本发明的测位仪的一个优选变型方式中，可依下列等式(1)选择距离 a_1 和 a_2 之比：

$$\frac{a_2}{a_1} = 2 \frac{P_{IF}}{TP_{MG}} \sqrt{\frac{1 - (\lambda / TP_{MG})^2}{1 - (\lambda / 2P_{IF})^2}} \quad \text{等式 (1)}$$

在这里，以下说明适用于所用参数：

a_1 ：=在标度光栅和扫描光栅之间的距离，

a_2 ：=在扫描光栅和检波平面之间的距离，

TP_{MG} ：=标度光栅-分解周期，

P_{IF} ：=检波平面中的空间干涉条纹图形-周期，

λ ：=光源波长。

通过选择距离 a_1 ，可确保至少由标度光栅 3 分解的第一和第二分光束 (+1)、(-1) 在扫描光栅 4.1、4.2 的范围内在空间上处于彼此分开的状态。此外，通过这样选择距离 a_1 ，确保了在一定程度上只有 +1/-1 衍射级有助于信号产生，由此又只能产生受干扰很小的扫描信号，这些扫描信号特别是没有高次谐波部分。

另一个参数选择规定给出了与其它参数相关的扫描光栅-分解周期 TP_{AG} 的值。最好按下列等式(2)选择扫描光栅-分解周期 TP_{AG} ：

$$TP_{AG} = 1 / (1/TP_{MG} + 1/2 P_{IF}) \quad \text{等式 2}$$

不同参数的含义仍可参照上面的等式(1)。

在检波侧，在本发明测位仪的上述第一变型方式规定，在检波平面 D 中安置一个检波光栅 5，该光栅造成通过检波光栅 5 射入的光在至少三个不同的空间方向上被分解。在检波光栅 5 之后的距离 a_3 处，在检波侧还设有至少三个光电子检波器元件 6.1、6.2、6.3，这些光电子检波器元件的用途是，在检波平面 D 中，从干涉条纹图形扫描中获得或产生相移的扫描信号 S_{0° 、 S_{120° 、 S_{240° 。

与其它所用光栅一样，检波光栅 5 也成相位衍射光栅的形式，该光栅将入射光至少按三个衍射级或空间方向进行分解。一个优选的实施形式规定，分解成 0 衍射级、+/-1 衍射级及 +/-2 衍射级。在图 1 中，沿三个检波元件 6.1、6.2、6.3 的方向传播的分光束通过在不同光栅上彼此互相干涉的衍射级的数据来表示。

检波光栅 5 的相应的相位衍射光栅最好具有栅格比 $\eta_{DG}=1:2$ 或 η

$d_G=2:1$ 以及 120° 或 240° 的相移。此外,检波光栅 5 具有一个检波光栅-分解周期(TP_{DG}),该周期相当于空间干涉条纹图形-周期(P_{IF})的两倍。此外,检波光栅 5 的合适设计可详见如 EP446691B1 所述的措施。

由于利用了在不同光栅上的衍射级,所以在标度光栅 3 和扫描单元相对移动的情况下,在三个检波器元件 6.1、6.2、6.3 上,分别产生相位差了 120° 的扫描信号 S_{0° 、 S_{120° 、 S_{240° 。这些扫描信号按已知方法并通过一个未示出的伺服电子装置被转换成一对扫描信号,这对扫描信号具有 90° 的相位差。

借助本发明干涉测位仪的上述变型方案,可获得特别小的构造形式并同时获得扫描信号的高调制级。这要归功于,参数 a_2 可以选择得很小。再有就是,本系统的光学元件可以比较简单地适应于要求截然不同的光栅点阵常数和扫描距离。

在图 3 的局部空间示意图中,示出了从原则上结合图 1 而说明的系统的一个具体实施形式,该系统特别用来获取围绕一旋转轴线 R 的旋转相对运动。在这张图中,功能相同部分以与图 1 相同的附图标记来表示。

在旋转式变型方案的情况下,除了本发明测位仪的上述优点之外,特别有利的是:在径向、切向及轴向上,可获得标度光栅 3 或所谓的分度盘的大的装配允许公差。

本发明测位仪的另一变型方式将参见图 4-6 来说明。在这里,基本上只描述与上述的第一测位仪的主要不同之处。

就在相对运动情况下在检波平面 D 中产生周期性调制的干涉条纹图形而言,上述变型对应于上述的第一变型方式,就是说,经过光源 11、光学元件 12、标度光栅 13 及带有扫描光栅 14.1、14.2 的扫描板 14 可按上述方式方法在检波平面 D 中产生待检测的已经过周期性调制的干涉条纹图形。

在检波方面,与上述测位仪不同地规定了,在检波平面中设置一个周期性检波器装置 16,经过该装置,掌握了经过周期性调制的干涉条纹图形并将它转换成相移的扫描信号(S_{0° 、 S_{90° 、 S_{180° 、 S_{270°)。

为了更详细地说明在图 4 中仅示意示出的周期性检波器装置 16,不妨参见图 5,该图以俯视图示出了这样的检波器装置 16 的一部分。周期性检波器装置 16 包括多个单独的光电子检波器件 16.1, 16.2……,这些器件彼此相邻地按照一定间距 D 来布置。从提供同相位扫描信号的检

波器元件 16.1、16.2……的导电连接中，得到了在方向 X 上的检波器周期性 P_{DET} ，就是说，检波器件 16.1 提供同相位扫描信号 $S 0^\circ$ ，检波器件 16.5 亦如此；检波器件 16.2 提供同相位的扫描信号 $S 90^\circ$ ，检波器件 16.6 亦如此，依此类推。

为了在输出端从周期性调制的干涉条纹扫描中产生所希望数量的相位移的扫描信号 $S 0^\circ$ 、 $S 90^\circ$ 、 $S 180^\circ$ 、 $S 270^\circ$ ，需要将检波器-周期 P_{DET} 按空间干涉条纹图形-周期 P_{IF} 来调准，也就是说，检波器-周期 P_{DET} 最好对应于空间干涉条纹图形-周期 P_{IF} 。在这个例子里，总共应输出四个分别相位移 90° 的扫描信号 $S 0^\circ$ 、 $S 90^\circ$ 、 $S 180^\circ$ 、 $S 270^\circ$ 。由于这个原因，在一个空间干涉条纹图形周期 P_{IF} 内，分别总共安置四个检波器件 16.1，…，并且分别使每第五个提供同相位扫描信号 $S 0^\circ$ 、 $S 90^\circ$ 、 $S 180^\circ$ 、 $S 270^\circ$ 的检波器件导电相连。

当然下述做法也是可行的，即整个检波器装置 16 包含多于如图 5 所示的八个检波器元件 16.1、16.2、……。同样，原则上讲，可以如此实现检波器装置 16 的一个替换布局，即导致了输出端扫描信号的略有不同的相位关系，如三个相位错开 120° 的扫描信号，等等。

在图 6 中，与图 3 视图相似地最后示出了本发明测位仪的所述第二变型方式的立体局部图，其用途亦是特别为了获取围绕一旋转轴线 R 的旋转相对运动。在本图中，功能相同的元件使用与图 3 相同的附图标记。

作为第二实施例的所示检波器件的变型方案的替换方式，尤其是在特别小的结构系统和由此造成的小的空间干涉条纹图形-周期 P_{IF} 的情况下，也可以例如在一个周期 P_{IF} 内不安置所有的四个检波器件；或者，不同相位的相邻检波器件也可以按照距离 $d=P_{IF}+P_{IF}/4$ 来布置，等等。

除了上述供选案之外，在本发明范围内，当然还有其它可行设计方案。例如，在此指出一个直线性测位仪的上述变型方式，它包括一直线延伸的标度光栅和相应沿直线布置的扫描光栅。在反射光变型方式的情况下，作为所述实施例的替换方式，将使用一个可用在反射中的标度光栅，等等。

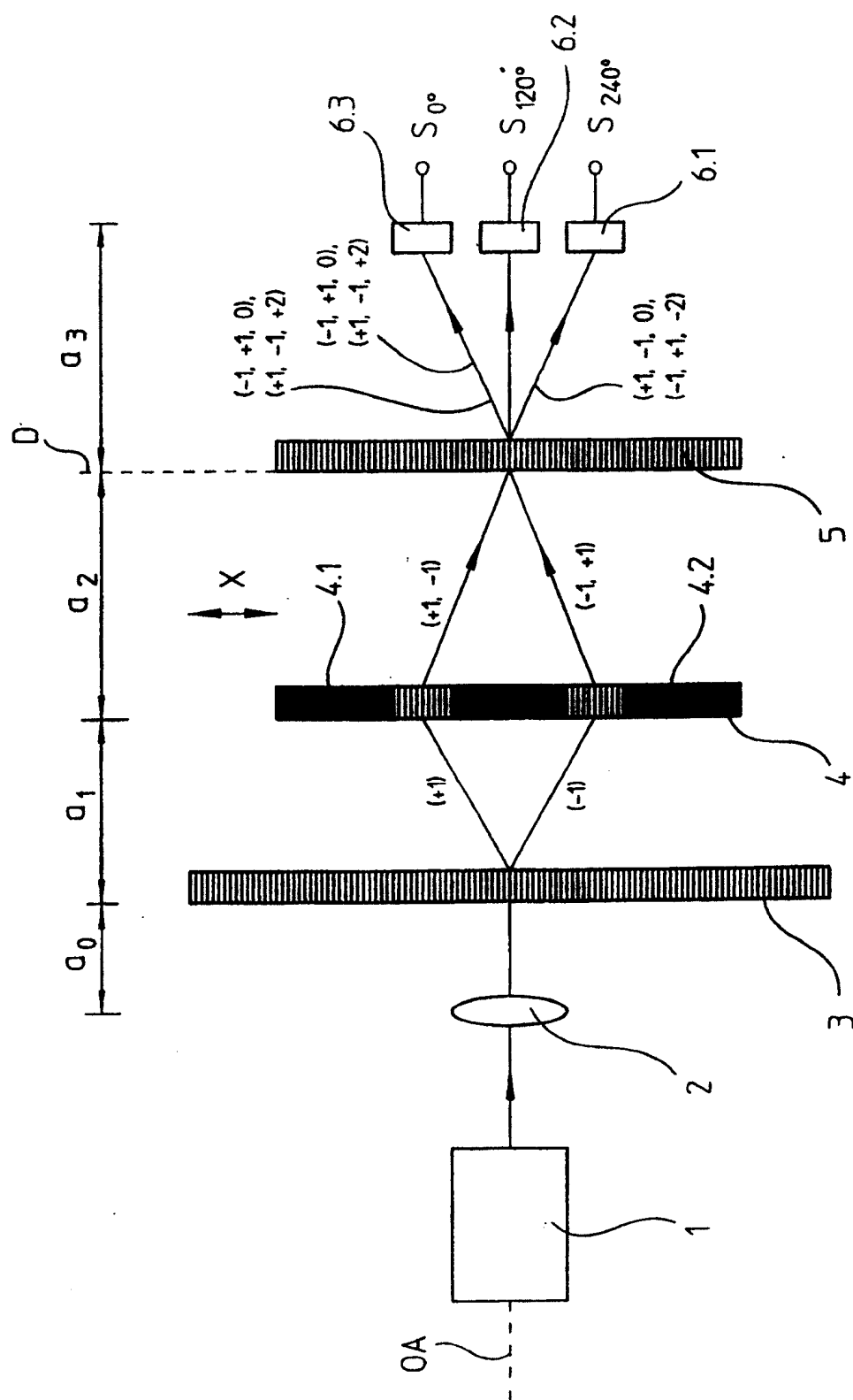


图 1

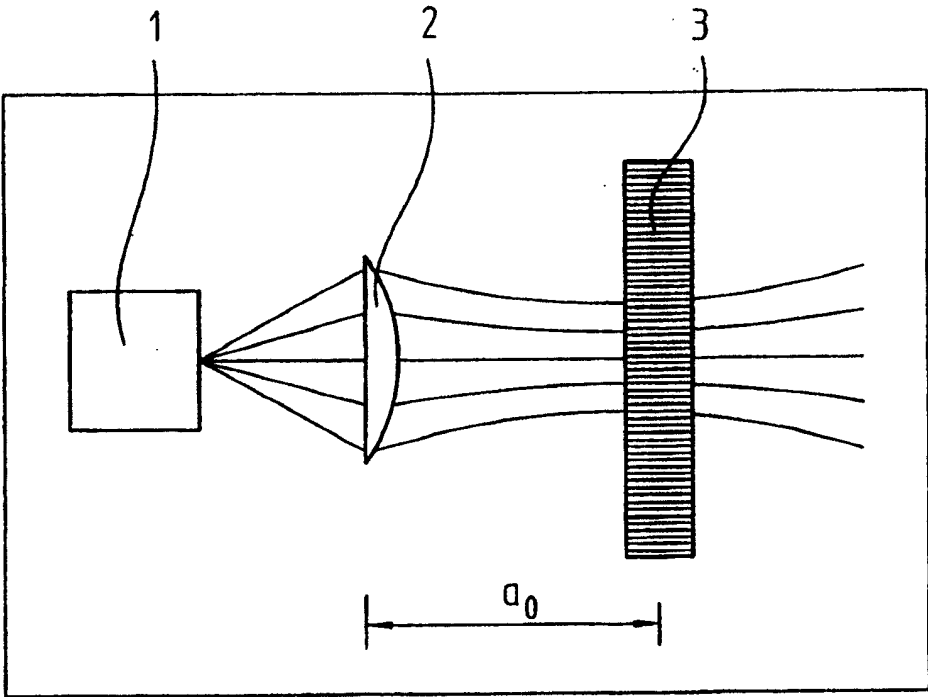


图 2

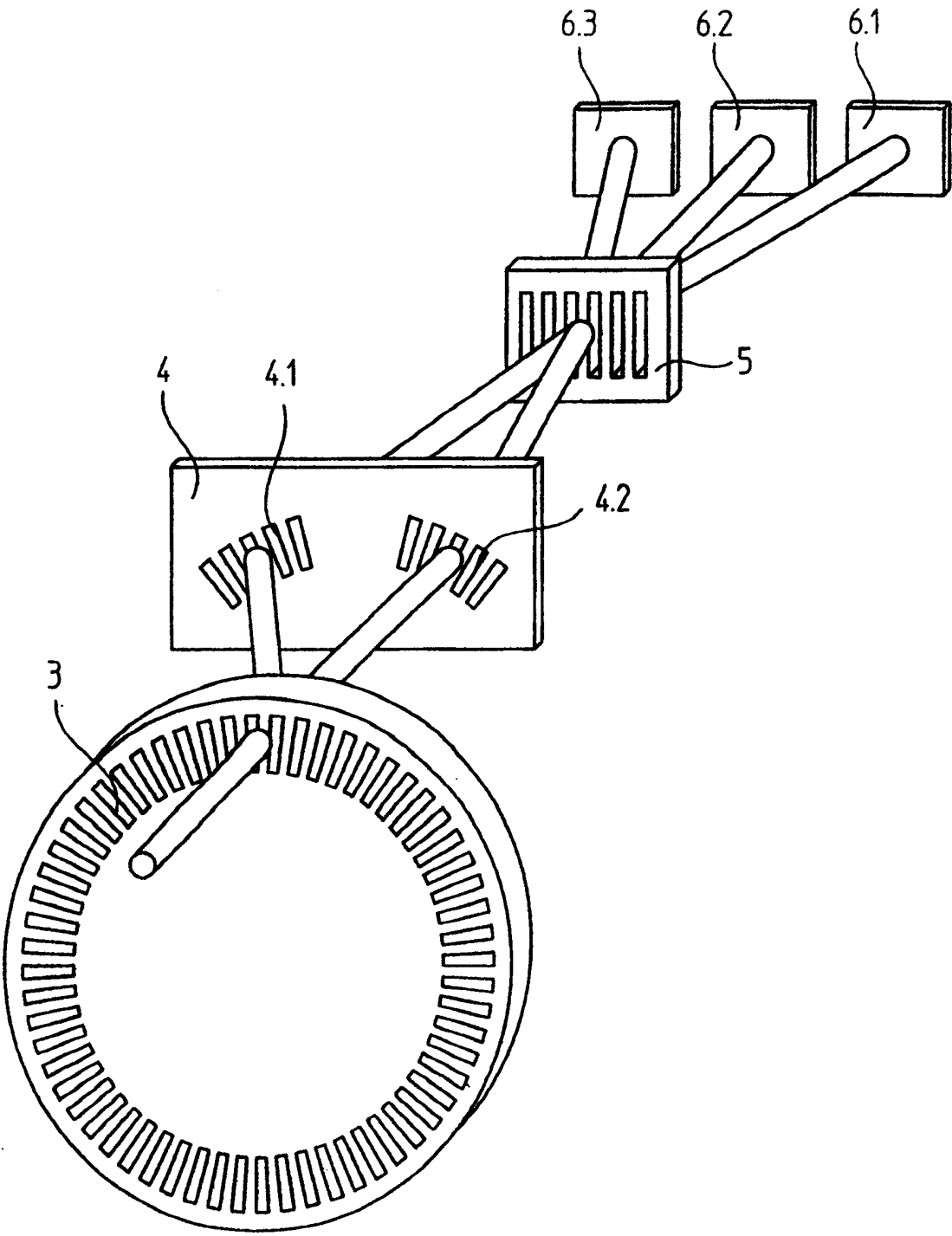


图 3

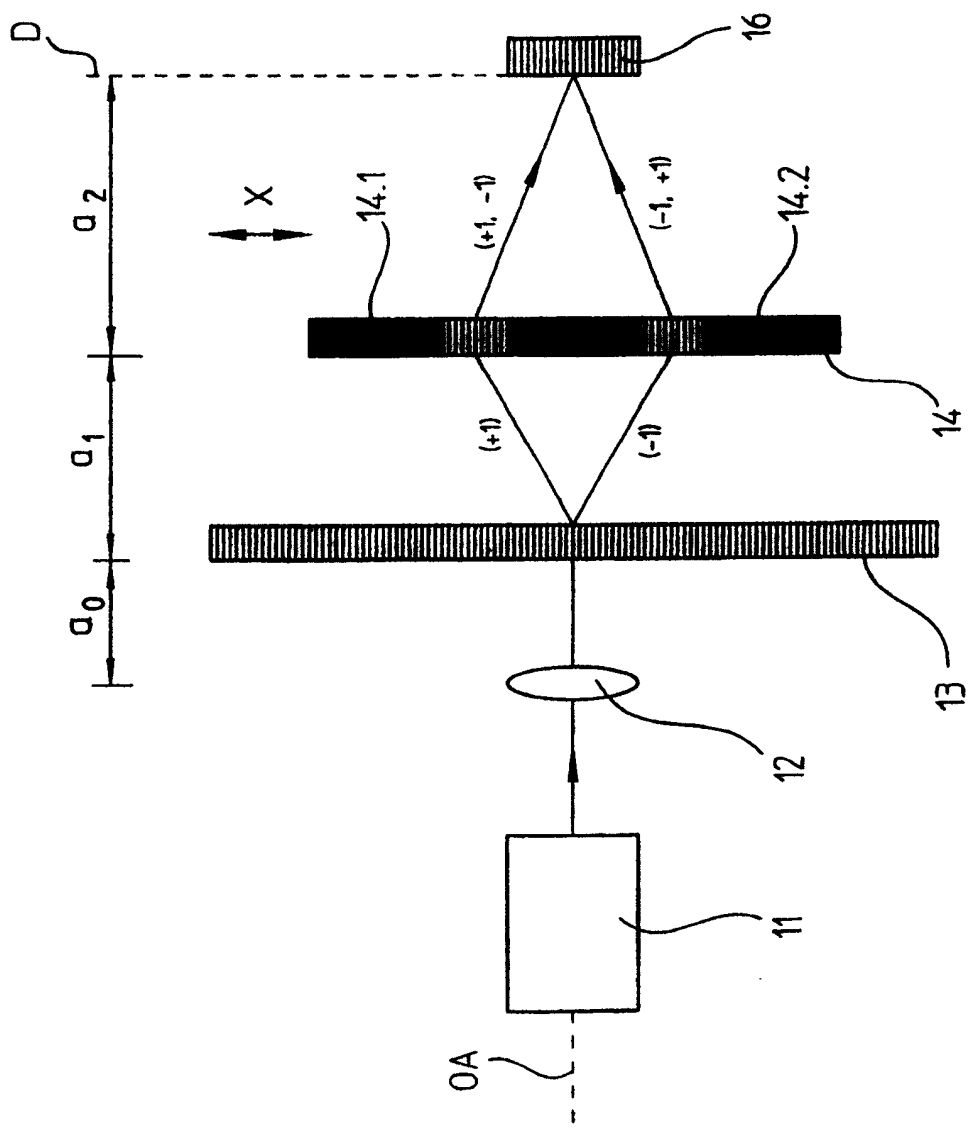


图 4

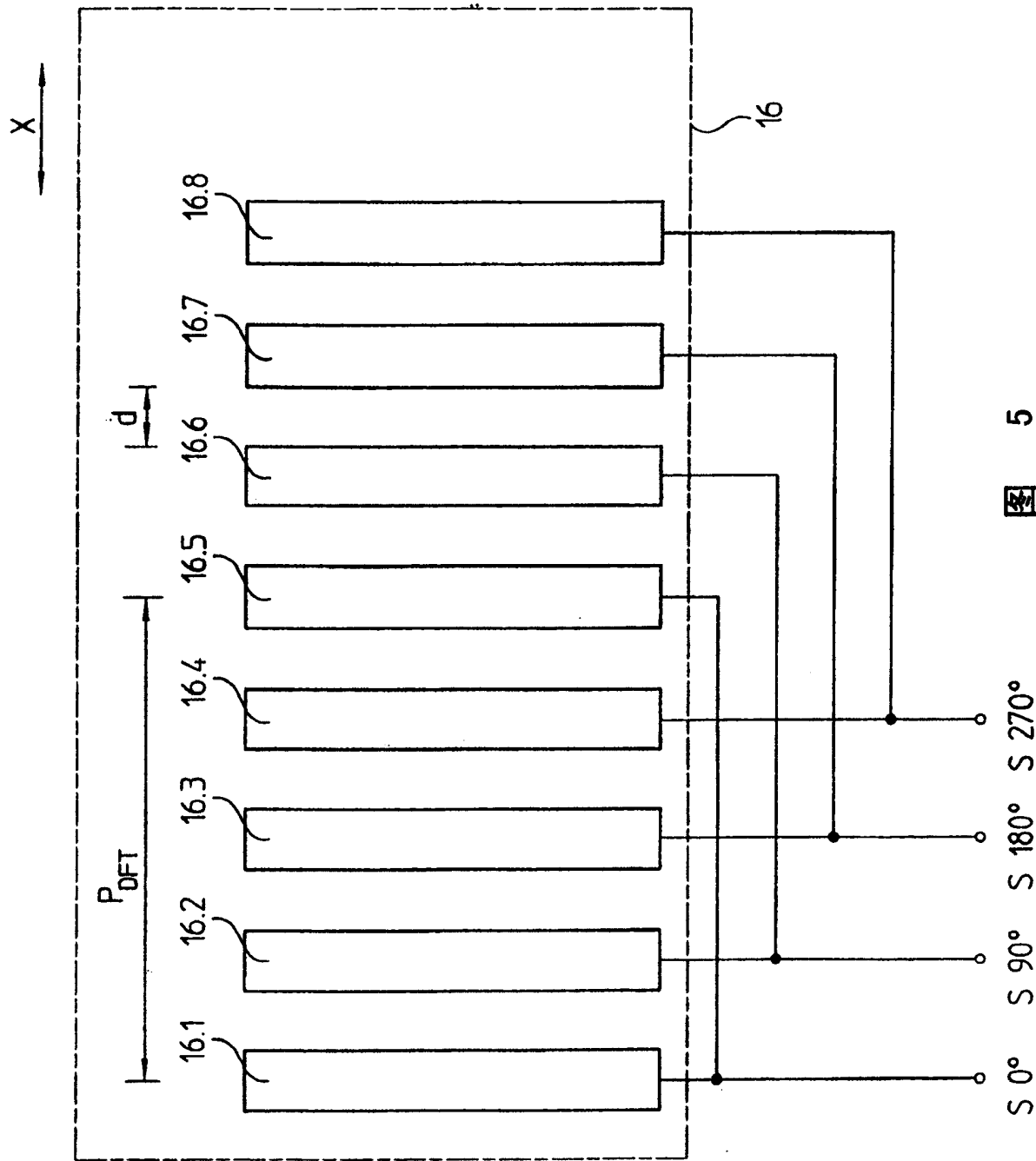


图 5

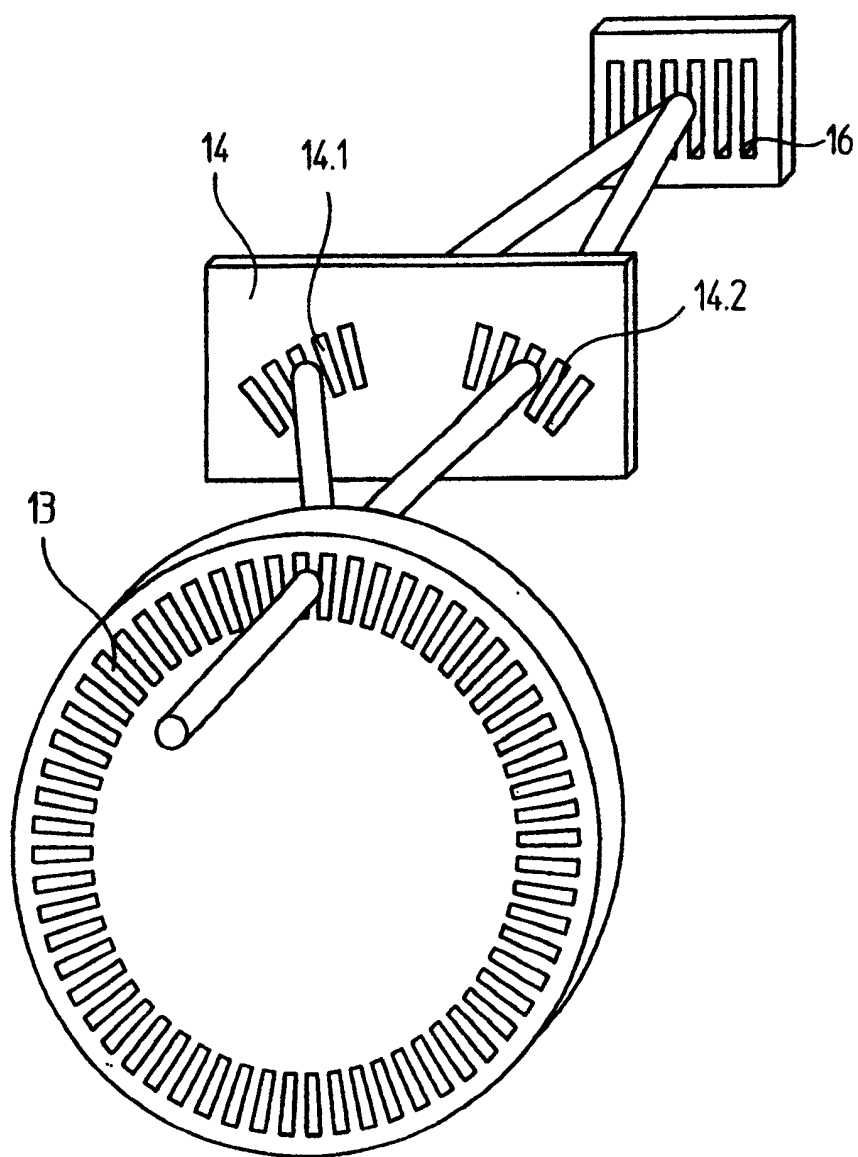


图 6