



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110537105 A

(43)申请公布日 2019.12.03

(21)申请号 201880023283.8

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2018.03.28

代理人 郭毅

(30)优先权数据

102017205504.9 2017.03.31 DE

(51)Int.Cl.

G01S 7/481(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.09.30

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2018/057930 2018.03.28

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2018/178157 DE 2018.10.04

(71)申请人 罗伯特·博世有限公司

地址 德国斯图加特

(72)发明人 S·博加特舍尔 J·哈塞尔巴赫

J·斯帕贝尔特 R·哈斯

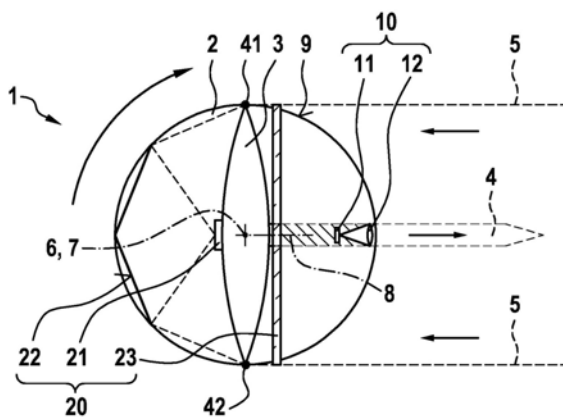
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

光学扫描系统

(57)摘要

本发明涉及一种光学扫描系统(1),包括转子(2),所述转子设置用于在扫描过程时绕着旋转轴线(6)旋转;光学透镜(3),所述光学透镜这样地布置在所述转子(2)上,使得所述透镜(3)处在所述旋转轴线(6)上;光学发送单元(10),所述光学发送单元布置在所述转子(2)上并且设置用于沿着所述透镜(3)的光学轴线(8)的方向发送扫描射束(4);光学接收单元(20),所述光学接收单元布置在转子(2)上并且包括探测器(21),所述探测器设置用于接收反射的扫描射束(5),其中,所述探测器(21)这样地布置,使得所述反射的扫描射束(5)借助所述透镜(3)聚焦到所述探测器(21)上。



1. 一种光学扫描系统(1),其包括:
 - 转子(2),所述转子设置用于在扫描过程时绕着旋转轴线(6)旋转;
 - 光学透镜(3),所述光学透镜这样地布置在所述转子(2)上,使得所述透镜(3)处在所述旋转轴线(6)上;
 - 光学发送单元(10),所述光学发送单元布置在所述转子(2)上并且设置用于沿着所述透镜(3)的光学轴线(8)的方向发送扫描射束(4);
 - 光学接收单元(20),所述光学接收单元布置在所述转子(2)上并且包括探测器(21),所述探测器设置用于接收反射的扫描射束(5),其中,所述探测器(21)这样地布置,使得将所述反射的扫描射束(5)借助所述透镜(3)聚焦到所述探测器(21)上。
2. 根据权利要求1所述的光学扫描系统(1),其特征在于,所述透镜(3)的重心(7)处在所述旋转轴线(6)上。
3. 根据前述权利要求中任一项所述的光学扫描系统(1),其特征在于,通过所述透镜(3)在绕着所述旋转轴线(6)旋转时的外周来限定包络面(9),并且所述光学发送单元(10)和所述光学接收单元(20)这样地布置在所述转子(2)上,使得所述光学发送单元(10)的和/或所述光学接收单元(20)的区域布置在所述包络面(9)上或在所述包络面(9)内。
4. 根据前述权利要求中任一项所述的光学扫描系统(1),其特征在于,所述透镜(3)的光学轴线(8)垂直于所述旋转轴线(6)。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的光学扫描系统(1),其特征在于,所述光学接收单元(20)包括第一镜(22),其中,所述第一镜(22)这样地布置,使得所述反射的扫描射束在穿过所述透镜(3)后被所述第一镜(22)偏转到所述探测器(21)上。
6. 根据权利要求5所述的光学扫描系统(1),其特征在于,所述第一镜(22)具有进行聚焦的表面、尤其拱曲的表面。
7. 根据前述权利要求中任一项所述的光学扫描系统(1),其特征在于,所述光学发送单元(10)包括光学发射器(11)和第二镜(13),其中,所述第二镜(13)这样地布置,使得由所述光学发射器(11)发送的扫描射束(4)被所述第二镜(13)沿着所述透镜(3)的光学轴线(8)的方向进行偏转。
8. 根据前述权利要求中任一项所述的光学扫描系统(1),其特征在于,所述光学发送单元(10)包括准直透镜(12)。
9. 根据前述权利要求任一项所述的光学扫描系统(1),其特征在于,所述光学接收单元(20)和/或所述光学发送单元(10)包括滤光器(23)。
10. 根据前述权利要求任一项所述的光学扫描系统(1),其特征在于,所述光学扫描系统(1)是同轴的宏观扫描仪。

光学扫描系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学扫描系统。当前的扫描系统、尤其双轴旋转的3D激光扫描仪(所谓的宏观扫描仪)具有一定的结构尺寸,其中发送和接收单元的光学轴线在一定距离下彼此平行地延伸。这不但适用于镜或镜系统旋转的宏观扫描仪,而且适用于发送和接收单元彼此平行地布置在转子上的宏观扫描仪。

背景技术

[0002] 然而,为了集成在确定的周围环境中(例如在车辆探照灯中),具有低的结构高度和小的转子直径的特别扁平的结构形状是有利的。用于减小宏观扫描仪结构尺寸的方案是将发送和接收射束路径部分地引导通过相同的透镜。因为因此发送和接收单元的光学轴线在传感器外是相同的,所以这样的扫描仪也可以称为同轴的。

[0003] 由US8836922B1已知一种同轴的宏观扫描仪,其中接收透镜同时也用作用于发送路径的准直透镜。在那里所公开的方案的缺点在于,发送路径不能够被扩宽到最大透镜直径并且同时被准直,然而,这对于在同时保证眼睛安全性的情况下提高发送功率并且因此增大作用范围是有利的。此外,接收器具的直径在此小于转子直径。

[0004] 为此,DE102012102244B4和DE102013215627A1公开另外的光学扫描系统。

发明内容

[0005] 根据本发明的光学扫描系统包括转子、光学透镜、光学发送单元和光学接收单元,所述转子设置用于在扫描过程时绕着旋转轴线旋转;所述光学透镜这样地布置在转子上,使得该透镜处在旋转轴线上;所述光学发送单元布置在转子上并且设置用于沿着透镜的光学轴线方向发送扫描射束;所述光学接收单元布置在转子上并且包括设置用于接收所反射的扫描射束的探测器,其中,所述探测器这样地布置,使得将所反射的扫描射束借助透镜聚焦到探测器上。

[0006] 不但光学发送单元而且光学接收单元都布置在转子上。这意味着:在光学发送单元和转子之间以及在光学接收单元和转子之间存在机械连接,从而在转子旋转时使光学发送单元和光学接收单元也绕着旋转轴线进行运动。因为光学透镜同样布置在转子上,所以该光学透镜与转子一起绕着旋转轴线旋转。转子优选是圆盘。光学透镜、光学发送单元和光学接收单元优选布置在转子的共同的侧上。

[0007] 通过透镜的孔径显著地影响光学扫描系统的敏感度。因此,将透镜实施得尽可能大是有利的。在光学透镜的根据本发明的布置的情况下,该光学透镜与转子一起旋转。因此,作为光学扫描系统的特别大的结构元件的透镜需要用于旋转的最小空间。因此能够实现光学扫描系统的特别紧凑的结构。因此,光学扫描系统可以特别在其高度和直径方面特别紧凑地实施。此外,通过根据本发明的光学扫描系统能够实现与转子的直径直接相关的最大接收孔径。因此,可以在小尺寸的光学扫描系统情况下实现具有特别大的作用范围的光学扫描系统。因为转子与处在其上的单元绕着旋转轴线旋转,所以能够在扫描平面

内——例如水平地——实现360°的测量。

[0008] 因此,实现一种如下的光学扫描系统:其接收孔径相应于转子直径,并且其发送射束被扩宽用于在同时保证眼睛安全性的情况下提高发送功率。此外,根据本发明的光学扫描系统具有易于校准的优点。因此可以使用特别大的光学元件,由此可以更容易地控制公差或者对光学扫描系统的质量仅具有相对小的影响。因为扫描系统是同轴的扫描系统,所以相对于转子的公差较不重要。此外,因为仅使用最少的光学元件,所以光学系统也能够成本有利地制造。尤其当透镜在其中心具有通道开口或在表面上的安装基座时,这可以用于低公差的压紧或校准,包括与发送和接收元件的粘合在内。

[0009] 从属权利要求示出本发明的优选的扩展方案。

[0010] 优选地,光学透镜这样地布置,使得透镜的重心处在旋转轴线上。因此,透镜这样地布置,使得该透镜在转子旋转时绕着其重心旋转。在此,重心是透镜的质心或透镜的几何重心。特别优选地,重心不但是透镜的质心而且是透镜的几何重心。

[0011] 优选地,通过透镜在绕着旋转轴线旋转时的外周来限定包络面,并且光学发送单元和光学接收单元这样地布置在转子上,使得光学发送单元的和/或光学接收单元的区域布置在包络面上或在包络面内。换句话说,如下情况是有利的:光学发送单元和光学接收单元这样地布置在转子上,使得光学透镜的离旋转轴线最远的点比光学接收单元和光学发送单元的点更远离旋转轴线。包络面是旋转体的表面,该旋转体在透镜绕着旋转轴线旋转时成形。然后这尤其适用于考虑垂直于旋转轴线的单个平面的情况。简单地说,这意味着发送单元和光学接收单元布置在光学透镜周围的用于光学透镜旋转所需的空间中。然而,因为接收单元和发送单元与透镜一起旋转,所以不会发生碰撞。因此可以实现特别紧凑的光学扫描系统。

[0012] 透镜的光学轴线垂直于旋转轴线也是有利的。以这种方式例如在水平平面内实现光学扫描系统的特别大的视野。

[0013] 此外,如下情况是有利的:光学接收单元包括第一镜,其中,第一镜这样地布置,使得反射的扫描射束在穿过透镜后被第一镜偏转到探测器上。因此,在透镜和探测器之间的接收射束路径能够获得空间,因为该接收射束路径借助第一反射镜进行折叠。根据接收单元的光学结构元件的布置有利的是,光学接收单元包括另外的透镜和镜。

[0014] 此外有利的是,第一镜具有进行聚焦的表面、尤其拱曲的表面。因此,第一镜是弯曲的。以这种方式可以部分地补偿透镜的像差。

[0015] 此外有利的是,光学发送单元包括光学发射器和第二镜,其中,第二镜这样地布置,使得由光学发射器发送的扫描射束被第二镜沿透镜的光学轴线方向进行偏转。光学发射器优选是激光器、尤其激光二极管。通过第二镜的这种布置能够实现仅第二镜、而不是整个光学发射器布置在透镜前。因此实现透镜的最大有效面积。这导致光学扫描系统的高敏感度。

[0016] 此外有利的是,光学发送单元包括准直透镜。以这种方式将准直透镜节省位置地集成到光学扫描系统中。因此,能够以简单的方式将光学扫描系统对确定的扫描距离进行优化。在此,准直透镜尤其是透镜装置的如下透镜:通过该透镜对单个扫描射束或多个扫描射束进行准直。

[0017] 也有利的是,光学接收单元和/或光学发送单元包括滤光器。通过这种滤光器可以

在小的结构形式保持不变的情况下实现光学扫描系统的敏感度。

[0018] 尤其有利的是,光学扫描系统是同轴的宏观扫描仪。

附图说明

[0019] 下面参照附图详细地描述本发明的实施例。附图示出:

[0020] 图1示出根据本发明的第一实施方式的根据本发明的光学扫描系统的示图;

[0021] 图2示出根据本发明的第二实施方式的根据本发明的扫描系统的示图;

[0022] 图3示出根据本发明的第二实施方式的根据本发明的扫描系统的示图;

[0023] 图4示出根据本发明的第三实施方式的根据本发明的扫描系统的示图;

[0024] 图5示出有利的发送单元的示图。

具体实施方式

[0025] 图1示出根据本发明的第一实施例的根据本发明的光学扫描系统1。在此,光学扫描系统1以沿着第一截面的截面图示出。在此,光学扫描系统的旋转轴线垂直于所示的第一截面。

[0026] 光学扫描系统1是同轴的宏观扫描仪。这意味着,由光学扫描系统1发送的扫描射束4具有在该第一实施方式中与由光学扫描系统1接收到的反射的扫描射束5相同的平行轴线。光学扫描系统1包括转子2、光学透镜3、光学发送单元10和光学接收单元20。

[0027] 转子2设置用于在扫描过程时绕着旋转轴线6旋转。在本发明的该第一实施方式中,转子2是圆盘,旋转轴线6垂直于转子2的圆形表面并且在此穿过转子2的圆形表面的中点。应指出,转子2在替代的实施方式中可以具有其他的形状。因此,转子2例如可以由如下的各个元件构成:所述各个元件构成用于光学扫描系统1的其他元件——尤其光学透镜3、光学发送单元10和/或光学接收单元20——的保持装置。优选地,转子2具有凹槽,该凹槽能够实现转子2和布置在其上的部件的平衡,从而避免在旋转时的不平衡。光学扫描系统1包括马达,通过该马达来驱动转子2以绕着旋转轴线6旋转。

[0028] 光学透镜3这样地布置在转子2上,使得光学透镜3的重心7处在旋转轴线6上。因为光学透镜3的一个点因此处在旋转轴线6上,所以光学透镜3布置在旋转轴线上。在该第一实施方式中,光学透镜3例如是双凸透镜。在此,光学透镜3的几何重心和质心落在共同的重心7上。光学透镜3具有相应于转子2的直径的透镜直径。光学透镜3居中地布置在转子2上。在此,透镜3的光学轴线8这样地定向,使得该光学轴线垂直于旋转轴线6。在图1中,旋转轴线6示出为一个点,因为该点从图1中所示的平面突出。因此,透镜3的光学轴线8处在与转子2旋转的平面平行的平面内。

[0029] 光学发送单元10布置在转子2上并且设置用于沿着透镜3的光学轴线8的方向发送扫描射束4。在本发明的该第一实施方式中,光学发送单元10包括光学发射器11(其是激光二极管)和准直透镜12。发射器11在光学透镜3的第一侧上布置在转子2上方。在此,光学发射器11布置在光学透镜3的光学轴线8上。在此,光学发射器11这样地定向,使得其发送如下的激光束:该激光束沿着透镜3的光学轴线8远离透镜3地传播。由光学发射器11发射的激光束是扫描射束4。在将扫描射束4发射到光学扫描系统1的周围环境中前,该扫描射束照射到布置在光学发射器11前的准直透镜12上。替代地,代替准直透镜12布置有包括多个准直透

镜的透镜装置。通过准直透镜12至光学发射器11的间距或通过准直透镜12的透镜曲率可以限定扫描射束4的扩宽。因为光学发射器11和准直透镜12相继地布置在透镜3的光学轴线8上,所以仅透镜3的最小区域被光学发送单元10遮挡。

[0030] 此外,光学扫描系统1包括光学接收单元20,所述光学接收单元布置在转子2上并且包括探测器21,所述探测器设置用于接收反射的扫描射束5,其中,探测器21这样地布置,使得将反射的扫描射束5借助光学透镜3聚焦到探测器21上。在此,光学接收单元20包括第一镜22。该第一镜22这样地布置,使得将反射的扫描射束5在穿过透镜3后被第一镜22偏转到探测器21上。在此,为了优化接收单元20中的射束路径,在透镜3和第一镜22之间可以可选地布置有另外的光学元件。在第一镜22和探测器21之间也可以可选地布置有另外的光学元件、尤其另外的透镜和/或镜。

[0031] 此外,光学接收单元20包括滤光器23。该滤光器23布置在透镜3的第一侧上,其中,滤光器23布置在发送单元10和光学透镜3之间。滤光器23在光学透镜3的整个表面的上方延伸。在此,这样地选择滤光器23,使得该滤光器仅允许通过具有如下波长的光:该波长处在绕着扫描射束4的波长的波长范围内。

[0032] 第一反射镜22布置在光学透镜3的第二侧上,该第二侧是与光学透镜3的第一侧相对置的一侧。第一镜22是凹面镜。第一镜22尤其具有分别不同定向的各个平面。通过第一镜22将反射的扫描射束5的照射到该第一镜上的光沿着探测器21的方向进行偏转并且聚焦到该探测器上。探测器21是所谓的传感器阵列。这意味着:探测器21具有在其上布置有多个光电传感器的表面。探测器21布置在光学透镜3的第二侧上。在此,探测器21的有效面这样地定向,使得该有效面朝向远离光学透镜3。在此,探测器21布置在光学透镜3的表面的中心,即在该光学透镜的重心7前。

[0033] 如果扫描射束4由光学发送单元10发送和因此由光学扫描系统1发送,则该扫描射束在光学扫描系统1的周围环境中的对象上被反射。如果是这种情况,则该扫描射束作为反射的扫描射束5被反射回。因此,反射的扫描射束5比扫描射束4更少地聚焦。反射的扫描射束5从先前不久发送扫描射束4的方向反射回。在该假设时忽略了转子2通过其旋转的最小运动。因此,反射的扫描射束5照射到光学透镜3上并且通过该光学透镜逐渐变细。该逐渐变细的反射的扫描射束5照射到第一镜22上并且被该第一镜反射。在此,使反射的扫描射束5进一步变细并且聚焦到探测器21上。因此,反射的扫描射束5在穿过透镜3后被第一镜22偏转到探测器21上。通过第一镜22实施为凹面镜的方式,该第一镜具有作为拱曲表面的聚焦表面。在此,拱曲表面是第一镜22的如下的反射表面:该反射表面这样地布置,使得其处在第一镜22的在光学透镜3侧面的一侧上。

[0034] 在图1所示的第一实施方式中示出特别紧凑的光学扫描系统1。在图1中所示的光学扫描系统1的情况下,光学接收单元20和光学发送单元10特别靠近光学透镜3地布置。在此,光学扫描系统1这样地构型,使得光学发送单元10和光学接收单元20这样地布置在转子上,使得光学发送单元10和光学接收单元20的区域布置在包络面9内。在此,包络面9通过在光学透镜3绕着旋转轴线6旋转时透镜3的外周来限定。如果使在图1中所示的光学透镜3旋转,则该光学透镜在快速旋转时被感知为球,因为该光学透镜3具有圆形的外周。因此,光学透镜3的旋转形状是球。相应地,球表面是进行旋转的光学透镜3的包络面9。因此,包络面9在所示的截面中是经过在光学透镜3的外周上的最外点41、42的圆。在所示的第一截面内,

光学发送单元10和光学接收单元20完全布置在该圆内并且因此完全布置在包络面9内。

[0035] 在该第一实施方式中,不但发送单元10而且探测器21处在光学透镜3的光学轴线8中并且因此处在光学传感器系统1的光学轴线中。光学轴线8是穿过光学透镜3的中心的轴线。可选地,滤光器23、尤其带通滤光器或其他滤光器也可以置于光学透镜3和发送单元10之间。

[0036] 图2示出根据本发明的第二实施方式的光学扫描系统1的示图。本发明的第二实施方式基本上相应于本发明的第一实施方式。在此,在图2中示出也在图1中示出的第一截面。

[0037] 本发明的第二实施方式与本发明的第一实施方式的区别在于,探测器21和光学发射器11布置在转子2的表面上。在此,发射器11这样地布置,使得平行于旋转轴线6地发射扫描射束5。在光学透镜3的第一侧上,第二镜13布置在光学透镜3的表面的中心的区域中。该第二镜优选固定在光学透镜3上。在此,第二镜13相对于由发射器11发送的扫描射束4成 45° 角。因此,扫描射束4偏转 90° 并且然后沿着光学透镜3的光学轴线8延伸。

[0038] 探测器21在光学透镜3的第二侧上布置在转子2的表面上,其中,探测器21的有效表面远离转子2地定向。为了能够实现探测器21的该布置,相应地选择第一镜22的位置和曲率以及第一镜22的拱曲度。

[0039] 在该第二实施方式中,光学发射器11和探测器21因此在由光学透镜3的光学轴线8限定的方向上布置在光学透镜8的透镜表面外。由此避免发生透镜被光学发射器11和探测器21遮挡。

[0040] 在该第二实施方式中,与第二镜13一起在光学透镜3的中心使用小的偏转镜,该偏转镜可选地也可以是弯曲的。该偏转镜将扫描射束4沿光学透镜3的光学轴线8的方向进行偏转并且产生所期望的垂直发散。在该第二实施方式中,在接收射束路径中的可选地弯曲的第一镜22是倾斜的,因此可以将接收射束聚焦到探测器21上。在需要改善成像质量时可以通过如下方式增加接收路径中的透镜数量:例如将另一透镜布置在探测器21前。

[0041] 图3示出根据本发明的第二实施方式的光学扫描系统1。在此,光学扫描系统1以沿着旋转轴线6所在的第二截面的截面图示出。

[0042] 在此,从图3中可以看出第二镜13固定在滤光器23上。因此,取消用于第二镜13的附加的保持元件。此外,在光学发射器11和第二镜13之间的扫描射束4中布置有准直透镜12。因此,在该实施方式中能够实现扫描射束4匹配于确定的扫描区域。如果由光学发射器11发射扫描射束4,则该扫描射束穿过准直透镜12并且照射到第二镜13上。通过使第二镜13相对于所发射的扫描射束4相应地倾斜,该扫描射束4沿着透镜3的光学轴线8定向。因此,第二镜13这样地布置,使得由光学发射器11发送的扫描射束4被第二镜13沿透镜3的光学轴线8的方向进行偏转。可以看出,光学透镜3布置在保持装置30上。

[0043] 图4是根据本发明的第三实施方式的光学扫描系统1的示图。本发明的第三实施方式基本上相应于本发明的第二实施方式。在此,在图4中示出也在图3中示出的第二截面。

[0044] 在图4中所示的根据本发明的第三实施方式的扫描系统1包括在图5中所示的光学发送单元10。在此,光学发送单元10是多重分束器(Mehrfachstrahlteiler)。在该多重分束器中,在准直透镜12和第二镜13之间布置有第一棱镜31、第二棱镜32和第三棱镜33。在该第三实施方式中示例性地选择棱镜数量,并且在替代的其他的实施方式中可以选择更多或更少的棱镜数量。然而,在所有实施方式中有利的是,棱镜31、32、33中的全部或一些粘合成整

体构件。

[0045] 扫描射束4在穿过准直透镜12后照射到第一棱镜31上并且被该第一棱镜分解。扫描射束的分量作为第一扫描射束4a照射到第二镜13上。第一扫描射束4a被第二镜13在与光学透镜3的光学轴线平行的方向上进行偏转。扫描射束的另一分量从第一棱镜31偏转到第二棱镜32上。

[0046] 通过第二棱镜32将扫描射束4的从第一棱镜31偏转到第二棱镜33上的分量分解。在此,扫描射束4的分量作为第二扫描射束4b被偏转到第二镜13上并且由该第二镜偏转成平行于光学透镜3的光学轴线8地延伸。扫描射束4的另一分量从第二棱镜32被偏转到第三棱镜33上并且从该第三棱镜作为第三扫描射束4c被偏转到第二镜13上。第三扫描射束4c被第二镜13这样地偏转,使得该第三扫描射束同样平行于光学透镜3的光学轴线地延伸。

[0047] 应指出,第一和第二棱镜31、32同样可以是半透明镜,而第三棱镜33可以是镜。

[0048] 如果棱边发射器用作激光器,则准直透镜12可以将激光二极管的快轴线准直并且同时将慢轴线聚焦到第二镜13上。如果使用整体的多重分束器棱镜用于射束倍增,则可以如在图5中所示地那样地实施发送射束路径。

[0049] 总之,本发明的主题是将接收透镜(即光学透镜3)置于转子2的中心,因此透镜直径相应于转子直径,这原则上相应于进行旋转的扫描仪的原则上最大可能的接收孔径。为了使光学透镜3和探测器21之间的接收射束路径在转子2内获得空间,将该接收射束路径借助第一镜22进行折叠。该第一镜22可选地可以是弯曲的,因此能够部分地补偿光学透镜3的像差。由激光器11、准直透镜12、可选的多重分束器和可选的小偏转镜构成的发送单元10优选地处在光学透镜3的另一侧上。

[0050] 沿着旋转轴线6(例如垂直轴线)通过发散的射束实现射束扩展。在正交的(例如水平的)轴线中发送射束4被准直并且可选地例如通过在图5中所示的多重分束器来倍增以提高眼睛安全性。由此得出多个具有大于人眼的最大瞳孔(例如8mm)的间距的平行的线射束。在接收侧,接收透镜将不同的、均匀照射的(垂直的)发送方向成像到一维的探测器上。第二(水平)轴线的图像分辨率通过扫描头(即转子3)的旋转来实现。

[0051] 除了以上公开内容外,还明确地参阅图1至图5的公开内容。

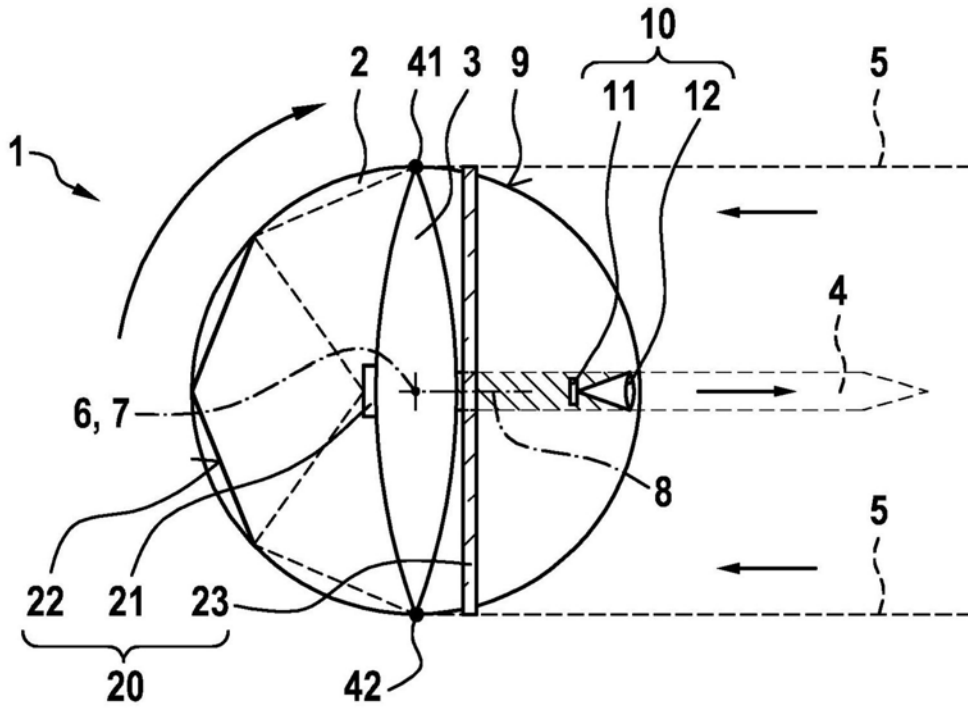


图1

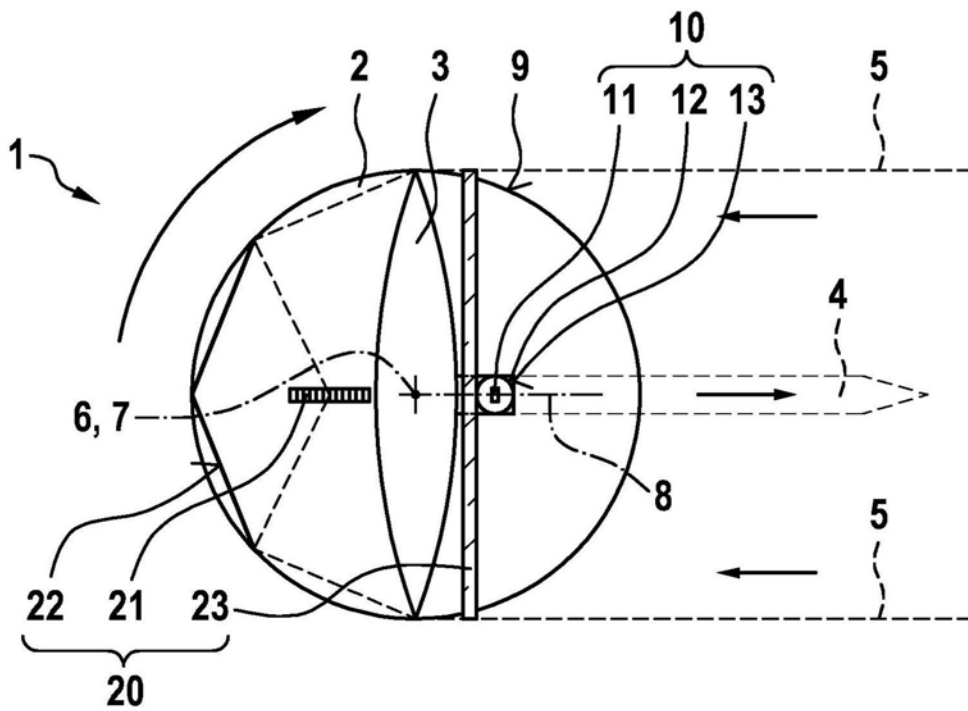


图2

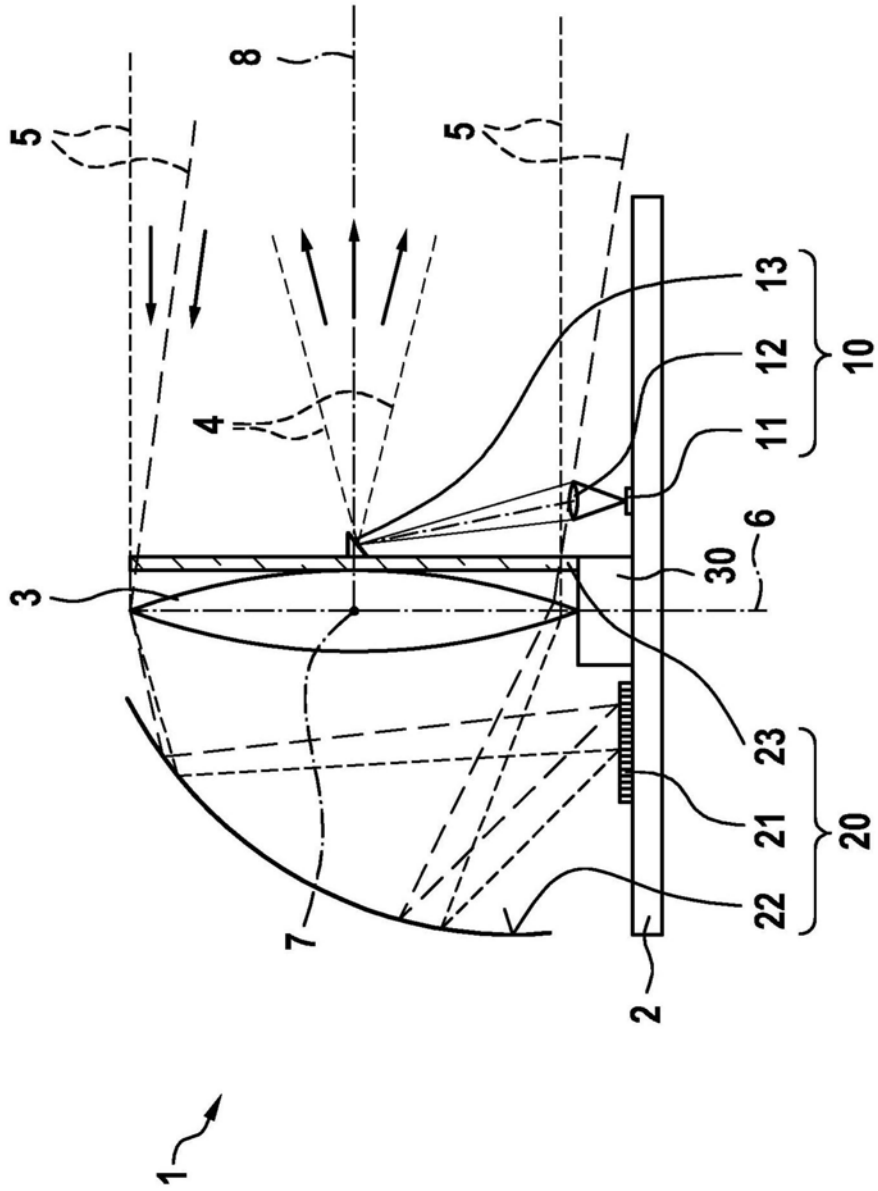


图3

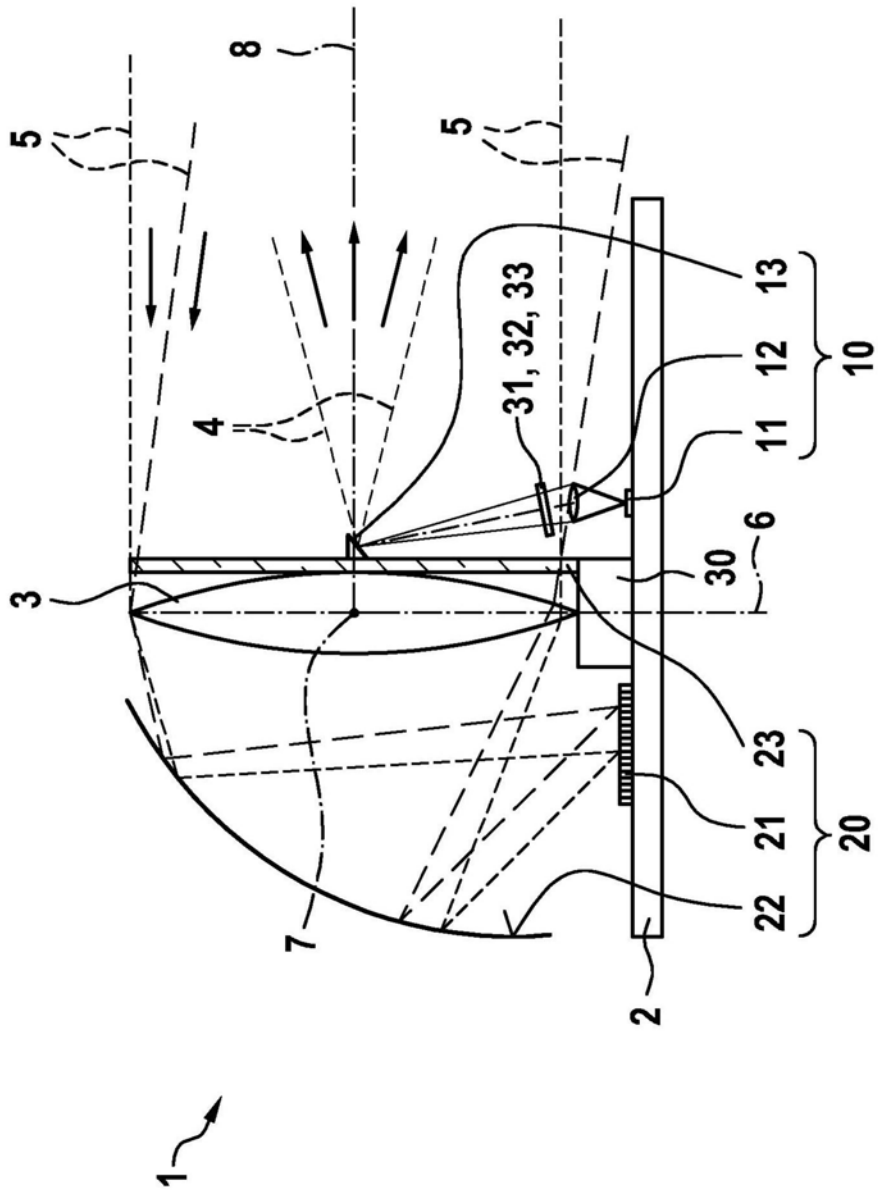


图4

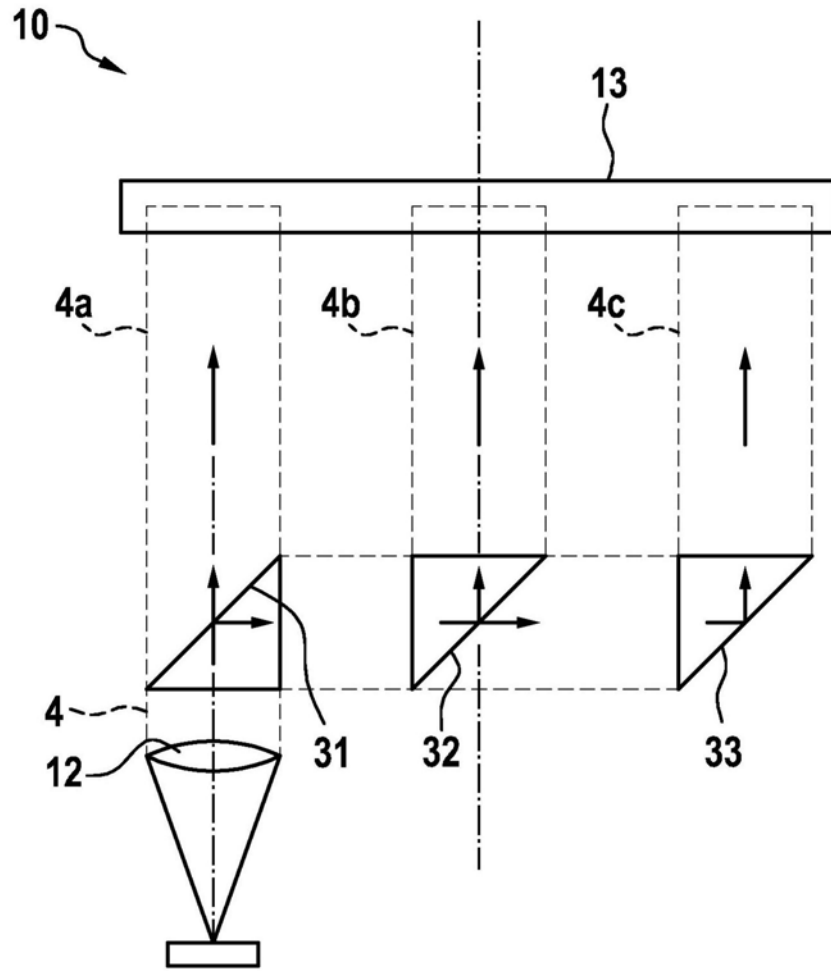


图5