



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108885260 B

(45) 授权公告日 2022. 06. 03

(21) 申请号 201780020792.0

(22) 申请日 2017.03.07

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108885260 A

(43) 申请公布日 2018.11.23

(30) 优先权数据
62/319,810 2016.04.08 US
62/353,581 2016.06.23 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.09.28

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/021018 2017.03.07

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/176410 EN 2017.10.12

(73) 专利权人 苹果公司
地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 A·斯庞特 Y·格尔森

(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 宿小猛

(51) Int.Cl.
G01S 17/42 (2006.01)
G01S 17/89 (2020.01)
G01S 7/481 (2006.01)

(56) 对比文件
US 5225876 A, 1993.07.06
US 5345304 A, 1994.09.06
US 2003090646 A1, 2003.05.15
WO 2008148237 A1, 2008.12.11
WO 9743611 A1, 1997.11.20
US 2007114362 A1, 2007.05.24
CN 101361015 A, 2009.02.04
US 5225876 A, 1993.07.06

审查员 王琳琳

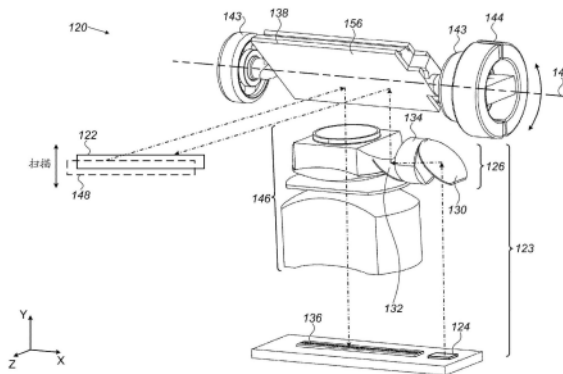
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

具有单轴扫描的渡越时间探测器

(57) 摘要

本发明提供了一种用于标测的装置,该装置包括照明组件(123),该照明组件跨场景投射沿第一方向延伸的辐射线(122)。检测组件(145)接收从包含辐射线的至少部分的感测区域(148)内的场景所反射的辐射,并且包括探测器元件(56)和物镜光学元件(52,146)的线性阵列(54,136),所述线性阵列将来自感测区域的所反射的辐射聚焦到线性阵列。扫描镜(46,138)沿第二方向在场景上方一起扫描辐射线和感测区域,所述第二方向垂直于第一方向。处理电路(64,66)处理由探测器元件输出的信号响应于所接收的辐射,以便在场景中构建对象的三维(3D)地图。



1. 一种用于标测的装置,包括:

照明组件,所述照明组件包括至少一个辐射源、和投射光学元件,所述投射光学元件被配置为跨场景经由所述投射光学元件的出射光瞳投射沿第一方向延伸的辐射线;

检测组件,所述检测组件被配置为接收在包含所述辐射线的至少部分的感测区域内从所述场景反射的所述辐射,并且所述检测组件包括探测器元件和物镜光学元件的线性阵列,所述线性阵列将来自所述感测区域的反射辐射经由物镜光学元件的入射光瞳聚焦到所述线性阵列,其中所述物镜光学元件的入射光瞳与所述投射光学元件的出射光瞳共面并且彼此紧密接近,其中所述辐射线和所述感测区域具有在包含所述出射光瞳和所述入射光瞳的平面中共线的相应轴;

扫描镜,所述扫描镜被配置为沿第二方向在所述场景上方一起扫描所述辐射线和所述感测区域,所述第二方向垂直于所述第一方向;和

处理电路,所述处理电路被配置为处理由所述探测器元件响应于所接收的辐射而输出的信号,以便构建所述场景中对象的三维(3D)地图。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中所述线性阵列具有沿着所述第一方向对准的阵列轴。

3. 根据权利要求2所述的装置,其中所述扫描镜被配置为围绕镜轴旋转,并且其中至少一个辐射源与所述线性阵列和所述扫描镜一起布置在由所述阵列轴和所述镜轴限定的平面中。

4. 根据权利要求1所述的装置,其中至少一个辐射源包括被配置为发射相应的辐射光束的辐射源的其他线性阵列,以及其中,所述投射光学元件被配置为采集和聚焦所发射的光束以形成所述辐射线。

5. 根据权利要求4所述的装置,其中所述辐射源相互同步地发射辐射脉冲。

6. 根据权利要求1所述的装置,其中所述扫描镜是第二扫描镜,而至少一个辐射源被配置为发射辐射光束,以及所述照明组件包括被配置为沿所述第一方向接收和扫描所发射的光束的第一扫描镜。

7. 根据权利要求6所述的装置,其中所述第一扫描镜以第一速度扫描,并且所述第二扫描镜以第二速度扫描,所述第二速度比所述第一速度慢。

8. 根据权利要求1-4,6和7中任一项所述的装置,其中所述照明组件被配置为发射辐射脉冲,并且其中由所述探测器元件输出的信号指示来自场景中的点的脉冲的相应渡越时间,并且所述处理电路被配置为响应于所述渡越时间构建所述3D地图。

9. 根据权利要求8所述的装置,其中所述探测器元件包括雪崩光电二极管。

10. 根据权利要求8所述的装置,其中所述探测器元件包括单光子雪崩二极管。

11. 根据权利要求8所述的装置,其中所述处理电路包括脉冲放大器和多路复用器,所述脉冲放大器被配置为放大由所述探测器元件输出的所述信号,所述多路复用器被配置为与所述装置的扫描速率同步地选择用于连接到所述脉冲放大器的探测器元件。

12. 根据权利要求1-7中任一项所述的装置,其中所述扫描镜是可旋转的,以便在所述装置的第一侧上的第一场景上方和所述装置的第二侧上的第二场景上方都扫描所述辐射线和所述感测区域,所述第二侧与所述第一侧相对。

13. 根据权利要求12所述的装置,其中所述扫描镜具有相对的第一反射表面和第二反

射表面,并且其中所述扫描镜旋转使得当在所述第一场景上方扫描时所述辐射线和所述感测区域从所述第一反射表面反射,并且当在所述第二场景上方扫描时所述辐射线和所述感测区域从所述第二反射表面反射。

14. 根据权利要求13所述的装置,其中所述第二反射表面小于所述第一反射表面。

15. 一种用于标测的方法,包括:

从至少一个辐射源经由投射光学元件的出射光瞳在场景上方投射沿第一方向延伸的辐射线;

经由物镜光学元件的入射光瞳在探测器组件的感测区域内接收从所述场景反射的辐射,所述探测器组件包括探测器元件的线性阵列,其中所述感测区域包括所述辐射线的至少部分,其中所述物镜光学元件的入射光瞳与所述投射光学元件的出射光瞳共面并且彼此紧密接近,并且其中所述辐射线和所述感测区域具有在包含所述出射光瞳和入射光瞳的平面中共线的相应轴;

使用扫描镜沿第二方向在所述场景上方扫描所述辐射线和所述感测区域两者,所述第二方向垂直于所述第一方向;以及

处理由所述探测器元件响应于所接收的辐射而输出的信号,以便构建在所述场景中对象的三维(3D)地图。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中接收辐射包括使所述线性阵列的阵列轴沿着所述第一方向对准。

17. 根据权利要求15所述的方法,其中投射所述辐射线包括应用辐射源的线性阵列以发射相应的辐射光束,并且采集和聚焦所发射的光束以形成所述辐射线。

18. 根据权利要求15所述的方法,其中投射所述辐射线包括沿所述第一方向沿着所述辐射线扫描光束。

19. 根据权利要求18所述的方法,其中扫描光束包括以第一速度沿着该线扫描所述光束,并且其中使用所述扫描镜扫描包括以第二速度在所述场景上方扫描所述辐射线和所述感测区域,所述第二速度比所述第一速度慢。

20. 根据权利要求15-19中任一项所述的方法,其中扫描辐射光束包括扫描辐射脉冲,并且其中由所述探测器元件输出的信号指示所述脉冲的相应渡越时间,并且其中处理所述信号包括响应于所述渡越时间构建所述3D地图。

具有单轴扫描的渡越时间探测器

技术领域

[0001] 本发明整体涉及三维 (3D) 标测 (mapping), 具体地讲涉及用于基于辐射光束的投射和感测进行 3D 标测的设备和方法。

背景技术

[0002] 现有技术中存在已知用于光学 3D 标测的各种方法, 即通过处理从对象接收的光学辐射产生对象表面的 3D 轮廓。这种 3D 轮廓也称为 3D 地图、深度图或深度图像, 3D 标测也称为深度标测。“光学辐射”包括光谱的可见光、红外光和紫外光部分的任何和所有电磁辐射。在下面的描述中, 术语“辐射”应理解为涉及光学辐射。

[0003] 一些 3D 标测技术基于光学脉冲的渡越时间的测量。例如, 美国专利申请公开 2013/0207970 (其公开内容以引用方式并入本文) 描述了一种扫描深度引擎, 其中标测装置包括发出包含光的脉冲的光束的发射器, 以及被配置为在场景上方在预定义的扫描范围内扫描光束的扫描器。接收器接收从场景所反射的光, 并且生成用于指示往返于场景中的点的脉冲的渡越时间的输出。耦接处理器以控制扫描器, 以便使光束在扫描范围内所选窗口上方扫描, 并且处理接收器的输出以生成所选窗口内场景的一部分的 3D 地图。

发明内容

[0004] 下文描述的本发明的实施方案提供了用于 3D 标测的改进的设备和方法。

[0005] 因此, 根据本发明的实施方案, 提供了用于标测的装置, 包括照明组件, 所述照明组件被配置为跨场景投射沿第一方向延伸的辐射线。检测组件被配置为接收从包含辐射线的至少部分的感测区域内的场景所反射的辐射, 并且包括探测器元件和物镜光学元件的线性阵列, 所述线性阵列将来自感测区域的反射辐射聚焦到线性阵列。扫描镜被配置为沿第二方向在场景上方一起扫描辐射线和感测区域, 所述第二方向垂直于第一方向。处理电路被配置为处理由探测器元件输出的信号响应于接收的辐射, 以便在场景中构建对象的三维 (3D) 地图。

[0006] 在本发明所公开的实施方案中, 线性阵列具有沿着第一方向对准的阵列轴。在一些实施方案中, 扫描镜被配置成围绕镜轴旋转, 并且照明组件包括至少一个辐射源, 所述辐射源布置在由阵列轴和镜轴与线性阵列和扫描镜一起限定的平面中。

[0007] 在一个实施方案中, 照明组件包括辐射源的其他线性阵列, 所述辐射源被配置为发射相应的辐射光束, 以及被配置为采集和聚焦发射光束以形成辐射线的投射光学元件。通常, 探测器元件和辐射源的线性阵列具有相互平行的相应轴。

[0008] 作为另外一种选择, 扫描镜是第二扫描镜, 而照明组件包括辐射源, 所述辐射源被配置为发射辐射光束, 并且第一扫描镜被配置为沿第一方向接收和扫描所发射的光束。在本发明所公开的实施方案中, 第一扫描镜以第一速度扫描, 第二扫描镜以第二速度扫描, 所述第二速度比所述第一速度慢。

[0009] 在一些实施方案中, 照明组件被配置为发射辐射脉冲, 并且由探测器元件输出的

指示来自场景中的点的脉冲的相应渡越时间的信号,以及处理电路被配置为构建3D地图响应于渡越时间。在一个实施方案中,探测器元件包括雪崩光电二极管。作为另外一种选择,探测器元件包括单光子雪崩二极管。在本发明所公开的实施方案中,处理电路包括脉冲放大器,所述脉冲放大器被配置为放大由探测器元件输出的信号,并且包括多路复用器,所述多路复用器被配置为选择用于连接到与装置的扫描速率同步的脉冲放大器的探测器元件。

[0010] 在一些实施方案中,扫描镜是可旋转的,以便在装置的第一侧上的第一场景上方和装置的第二侧上的第二场景上方扫描辐射线和感测区域,所述第二侧与所述第一侧相对。在本发明所公开的实施方案中,扫描镜具有相对的第一反射表面和相对的第二反射表面,并且扫描镜旋转使得当扫描第一场景时辐射线和感测区域从第一反射表面反射,以及当扫描第二场景时辐射线和感测区域从第二反射表面反射。在一个实施方案中,第二反射表面小于第一反射表面。

[0011] 根据本发明的实施方案,还提供了用于标测的方法,所述方法包括投射在场景上方沿第一方向延伸的辐射线。从探测器组件的感测区域内的场景所反射的辐射由探测器组件接收,所述探测器组件包括探测器元件的线性阵列。使用扫描镜,沿第二方向在场景上方扫描辐射线和感测区域,所述第二方向垂直于所述第一方向。处理由探测器元件输出的信号响应于接收的辐射,以便在场景中构建对象的三维(3D)地图。

[0012] 在本发明所公开的实施方案中,接收辐射包括沿着第一方向对准线性阵列的阵列轴。

[0013] 在一些实施方案中,投射辐射线包括应用辐射源的线性阵列发射相应的辐射光束,并且采集和聚焦发射光束以形成辐射线。

[0014] 在其他实施方案中,投射辐射线包括沿第一方向沿着线扫描光束。在本发明所公开的实施方案中,扫描光束包括以第一速度沿着线扫描光束,并且使用扫描镜扫描包括以第二速度在场景上方扫描辐射线和感测区域,所述第二速度比所述第一速度慢。

[0015] 在本发明所公开的实施方案中,扫描辐射光束包括扫描辐射脉冲,并且由探测器元件输出的指示脉冲的相应渡越时间的信号,以及处理信号包括构建3D地图响应于渡越时间。

[0016] 结合附图,从下文中对本发明的实施方案的详细描述将更完全地理解本发明,在附图中:

附图说明

[0017] 图1是根据本发明的实施方案的3D标测系统的示意性图示说明;

[0018] 图2是根据本发明的实施方案的示出3D标测模块的细节的示意性图示说明;

[0019] 图3是根据本发明的实施方案的示意性示出用于3D标测的处理电路的框图;

[0020] 图4是根据本发明的另一个实施方案的3D标测模块的示意性前视图;

[0021] 图5是根据本发明的实施方案的示出图4的3D标测模块的细节的示意性图示说明;
以及

[0022] 图6是根据本发明的实施方案的示出图4的3D标测模块的后视图的示意性图示说明。

具体实施方式

[0023] 在一些基于渡越时间测量的3D标测系统中,诸如上述美国专利申请公开2013/0207970所述,使用相同的扫描镜扫描朝向场景和探测器的感测区域发射的脉冲光束,所述探测器同时在水平方向和垂直方向感测所反射的辐射。这种方法有利于确保发射和接收的光束轴相互对准,但是对系统的光学设计施加了很大的限制。在其他系统中,使用单独的扫描镜扫描发射光束和探测器的感测区域,从而缓解光学限制,但是可能在感测区域与发射光束的对准和同步方面存在困难。

[0024] 本发明的实施方案通过投射辐射线,并且使用探测器的线性阵列捕获所反射的辐射解决这些困难,其中扫描镜扫描场景上方的辐射线和探测器的感测区域。这种方法既简化扫描模块的光学设计,并且又避免与快速扫描相关联的机械问题,同时实现紧凑且稳健的模块设计。在这些实施方案的一些中,扫描镜是可旋转的,以便在装置的第一侧上的第一场景和装置的相对侧的第二侧上的第二场景上方扫描发射光束和感测区域,从而使其能够创建这些场景中的一个或两个的3D地图。

[0025] 在本发明所公开的实施方案中,标测装置包括照明组件,所述照明组件跨场景投射沿某个方向延伸的辐射线,例如沿水平方向。在下面描述的一些实施方案中,照明组件包括辐射源的线性阵列,所述线性阵列发射相应的辐射光束,其中投射光学元件采集和聚焦发射光束以形成辐射线。然而,作为另外一种选择,照明组件可包括具有合适光学元件的单个辐射源。

[0026] 检测组件接收从感测区域内的场景所反射的辐射,所述感测区域包含辐射的投射线(或投射线的至少部分)。为此目的,检测组件包括探测器元件和物镜光学元件的线性阵列,其将来自感测区域的反射辐射聚焦到线性阵列。感测区域通常细长且狭窄,与辐射线平行并且对准。为此目的,探测器元件的阵列的轴也可沿着与辐射线相同的方向对准。

[0027] 扫描镜沿垂直于辐射线的方向在场景上方一起扫描辐射线和感测区域。因此,例如,如果照明组件投射水平线,则扫描镜垂直扫描线,反之亦然。这种布置的好处在于扫描镜可相对缓慢地扫描(例如,在30Hz时以标准视频刷新速率进行标测),并且不需要高速扫描部件。

[0028] 本发明的其他实施方案使用混合方法,将扫描照射光束与探测器元件的固定阵列进行组合用于感测所反射的辐射。第一扫描镜沿第一方向在场景上方扫描所发射的光束,如上所述,而第二扫描镜沿第二方向在场景上方扫描所发射的光束和探测器阵列的感测区域两者,所述第二方面垂直于所述第一方向。

[0029] 处理电路处理由探测器元件输出的信号响应于接收的辐射,以便在场景中构建对象的3D地图。在下面描述的实施方案中,照明组件发射辐射脉冲,并且探测器元件输出指示来自场景中的点的脉冲的相应渡越时间的信号,所述信号由处理器在构建3D地图时使用。作为另外一种选择,本文所述的装置和技术可加以必要的修改,然后应用于其他类型的3D标测系统。

[0030] 图1是根据本发明的实施方案的3D标测系统的示意性图示说明。该系统围绕3D标测模块20构建,所述标测模块参考下面的附图更详细地描述。例如,模块20可用于计算设备或与用户为检测手势目的标测手24的计算设备一起使用。这仅仅是本实施方案的一个可能的非限制性应用,模块20和基于本文所述原理的其他类型的装置可类似地应用于其他类型

的系统,并且用于标测各种其他类型的对象。

[0031] 如图1所示,模块20通过出口孔28向包括手24的场景发射辐射的脉冲光束26。模块20以预定义的扫描模式32在场景上方扫描光束诸如光栅扫描,所述扫描模式通过两个扫描镜的协同操作生成,如图2所示。从出口孔28发射的每个脉冲沿着扫描模式照射场景中的连续点30,并且扫描模式32的每行中的光点限定辐射的投射线。在每个光点30从场景所反射的辐射34通过模块20的入口孔36采集,并且由模块中的检测组件检测,所述检测组件同样在随后的图中示出。模块20中或与其相关联的处理电路处理由检测组件输出的信号响应于通过孔36接收的反射辐射34,以便在场景中构建手24和/或其他对象的3D地图。

[0032] 为了方便起见,在下面描述中,模块20的正平面被视为X-Y平面,如图1所示,而Z轴对应于未反射时光束26的传播方向,即大致在扫描模式32的中心。模块20在X-Y平面上扫描光束26。在模式32中,扫描的X轴被视为“快”轴,其在场景上方的每次扫描过程中通过光束26遍历多次,而Y轴被视为“慢”轴。然而,这些轴的选择是任意的,并且模块20可被配置为生成具有不同扫描轴的其他扫描模式,这对于本领域技术人员来说在阅读本说明书后将是显而易见的。

[0033] 图2是根据本发明的实施方案的示出3D标测模块20的细节的示意性图示说明。标测模块20包括照明组件,所述照明组件包括发射光束26的辐射源40,并且接收和反射来自光源40的光束26的扫描镜42。在典型的实施方式中,辐射源40包括激光二极管,其发射超短脉冲,并且持续时间约为兆分之一秒。为了最小化模块20的尺寸和重量并且实现高速扫描,在该实施方案中,镜42通常很小(例如,直径小于10毫米)。此类镜可通过微机电系统(MEMS)技术制造,例如在上述美国专利申请公开2013/0207970中所述,具有电磁、静电或压电驱动器。作为另外一种选择,镜42可包括旋转多边形或本领域已知的任何其他合适类型的扫描镜。

[0034] 在其他实施方案中(图中未示出),多个辐射源可共享镜42,其中源被布置成使得其光束以不同的角度照射镜,从而在场景的不同部分上方扫描并且增大模块20的像素吞吐量,同时减小所需的镜扫描振幅。

[0035] 镜42围绕轴44旋转,使光束26沿X方向在场景上方扫描。第二镜46围绕轴48旋转,使光束26沿Y方向在场景上方扫描。通常,小的轻型镜42可能以谐振扫描模式高速旋转,而镜46以较慢的速度旋转。因此,镜46可包括MEMS设备或任何其他合适类型的旋转镜。

[0036] 如果由源40输出的光束未充分准直,则可在光束路径中添加光学元件50以改进准直。光学元件50可定位在图2所示的位置或任何其他合适的位置,例如在源和镜42之间或在镜42和镜46之间。除此之外或作为另外一种选择,光学元件50可用于增强扫描范围,例如,如上述美国专利9,098,931中所述。此外,镜42和镜46之间的距离通常小于图2所示的距离,其中镜42位于光学接收器的入射光瞳的平面中或附近。

[0037] 来自每个光点30的反射辐射34由检测组件接收,所述检测组件包括探测器元件56和物镜光学元件52的线性阵列54,其将反射辐射聚焦到探测器元件。光学元件52通常包括具有广接收角的多元件透镜,并且可定位在阵列56和镜46之间,而不是定位在图2所示的位置。希望透镜的入射光瞳靠近镜46以实现紧凑设计。除此之外或作为另外一种选择,光学元件52包括窄带滤波器,所述滤波器传递源40的波长,同时防止环境辐射读取探测器元件56。

[0038] 因此,光学元件52限定检测组件的感测区域,所述感测区域基本上是探测器元件

56的区域的光学元件52的光学投影。镜46沿Y方向在场景上方扫描该感测区域包括手24,同时扫描发射光束26的扫描模式32。然后,探测器元件56中的至少一者将捕获从扫描模式中的每个光点30所反射的辐射。因此,无需采集镜即可在X方向以高速扫描感测区域。

[0039] 在图示的实施方案中,阵列54包括沿着阵列轴布置的探测器元件56的单行,在该示例中,其平行于X方向,即平行于镜46的轴48。作为另外一种选择,阵列可包括以这种方式布置的多个平行的探测器元件行。在该几何形状中,如图2所示,可将模块20的大部分关键元件布置在包含阵列轴和镜轴48的X-Y平面中,包括辐射源40、镜42和镜46以及阵列56。阵列元件的这种平面布置对于实现模块20的紧凑设计非常有用,其中在Z方向具有低轮廓,如图1所示。

[0040] 图3是根据本发明的实施方案的示意性示出用于3D标测模块20或与其一起使用的处理电路的框图。该处理电路由探测器元件56输出的信号响应于所接收的辐射34,以便构建手24(或场景中的其他对象)的3D地图。由探测器元件输出的信号指示由辐射源40发射的脉冲的相应渡越时间(TOF),并且处理电路通过测量这些渡越时间构建3D地图。

[0041] 为此目的,探测器元件56通常包括敏感的高速光电探测器,诸如雪崩光电二极管或单光子雪崩二极管(SPAD)设备。当使用雪崩光电二极管或类似类型的探测器时,一个或多个脉冲放大器诸如高速互阻抗放大器(TIA)放大由探测器元件56输出的信号,以生成用于TOF测量的尖锐输出脉冲。尽管可将相应的TIA耦接到每个探测器元件56,但事实上在任何给定时间实际只有一个探测器将接收所反射的辐射:探测器的感测区域沿着X轴与发射光束26的当前位置和相应光点30对准。因此,在图示的实施方案中,模块20仅包括单个脉冲放大器62,并且多路复用器60选择用于连接到脉冲放大器62的探测器元件56,所述脉冲放大器62与围绕轴44的扫描镜42的扫描同步。换句话说,在扫描期间的任何点,多路复用器60将放大器62的输入连接到探测器元件56的输出,该输出在该点与发射光束26对准。

[0042] 放大器62的脉冲输出被输入到TOF电路64,所述TOF电路64将探测器56的每个脉冲的到达时间与指示发射器40发射脉冲的时间的参考信号进行比较,并且生成相应的延迟值。例如,TOF电路64可包括时间数字转换器(TDC)。深度处理电路66在整个扫描模式32采集TOF值,并且将它们组合成开始扫描场景的3D地图。

[0043] 当探测器元件56包括SPAD设备时不需要TIA,而是创建和分析事件时序直方图以确定每个像素的TOF值。

[0044] 在该实施方案中,由于在场景上方扫描来自发射器40的光束,因此模块20的分辨率不是由阵列54中的探测器元件56的节距或数量确定,而是由感测和角指向的精度,以及脉冲频率确定。当探测器元件56包括APD传感器时,该特征部特别有用,因为APD可大于所需的像素尺寸。

[0045] 作为另外一种选择,可将包括一个或多个脉冲放大器的其他类型的处理电路耦接到探测器元件56的输出。此外,尽管本发明所公开的实施方案特别针对基于TOF的3D标测,但是本发明的原理类似地可应用于其他类型的3D标测,诸如美国专利9,098,931中描述的基于模式匹配的类型,以及高速光学扫描仪和探测器的其他应用。

[0046] 现在参考图4和图5,根据本发明的另一个实施方案示意性示出3D标测模块120。图4是前视图,而图5是示出模块的部件细节的图示说明。为了方便起见,在下面描述中,如同前面的实施方案,模块120的正平面被视为X-Y平面,而Z轴对应于未反射时从模块120发射

的辐射线122的传播方向,即大致在模块的扫描模式的中心。线122沿着X方向取向,并且沿Y方向由模块120扫描。然而,这些轴的选择是任意的,并且仅仅为了本说明书的清楚和方便起见而使用。

[0047] 标测模块120包括照明组件123,所述照明组件包括辐射源的线性阵列124,所述辐射源发射相应的辐射光束,以及投射光学元件126,所述投射光学元件采集和聚焦发射光束以形成线122。(在本文中,术语“线”用于表示由来自阵列124的组合光束照射的细长且狭窄区域,或者作为另外一种选择,由前述实施方案中的扫描光束照射的细长且狭窄区域。)在该实施方案中,阵列124的轴沿着模块120的壳体128的下表面上的X轴取向;并且光学元件126包括一对转向镜130和132,其中准直透镜134在它们之间。(转向镜130和132将光束轴转移到更靠近探测器元件的阵列136的感测区域,如下文进一步所述。)例如,作为另外一种选择,阵列124可安装在壳体128的侧面上,在这种情况下,可去除转向镜130。在典型的实施方式中,阵列124中的辐射源包括激光二极管,其以相互同步的方式发射红外辐射的超短脉冲,并且持续时间约为兆分之一秒。

[0048] 扫描镜138通过壳体128中的窗口140将由光学元件126形成的辐射线122反射到要标测的场景。镜138围绕沿着X方向取向的镜轴142旋转,从而使线122沿Y方向在场景上方扫描。在图示的实施方案中,镜138安装在轴承143上,并且通过合适的机制144诸如马达或磁力驱动器以期望的扫描速率旋转。作为另外一种选择,镜138可包括如本领域中已知的MEMS设备,或任何其他合适类型的光束偏转器。

[0049] 镜138还将从场景返回的辐射反射到检测组件145,所述检测组件包括探测器元件和物镜光学元件146的线性阵列136,其将来自场景内的感测区域148的反射辐射聚焦到阵列136。(为了增强紧凑性并且减少不可取的几何效应,可在物镜光学元件146中的一个透镜的倾斜表面上形成转向镜132)。感测区域148对应于阵列136中的探测器元件的区域的的光学元件146到要标测的场景上的投影。线122和感测区域148在正在标测的场景的平面上重叠。为了在图中所示的实施方案中的线122和感测区域148之间良好成像和跟踪,投射光学元件126的出射光瞳150和物镜光学元件146的入射光瞳152共面并且彼此紧密接近。为了最小化模块120的尺寸并减小发射光束和感测区域之间的三角测量效应,希望光瞳150和光瞳152的平面大致位于光学元件146和镜138之间,并且发射光束的阵列轴和感测区域的阵列轴在该平面中共线。

[0050] 在图示的实施方案中,阵列136包括沿着阵列轴布置的探测器元件的单行,该示例中,其平行于X方向,即平行于镜138的轴142,以及平行于线122和阵列124的轴。作为另外一种选择,阵列136可包括以这种方式布置的多个平行的探测器元件行。在该几何形状中,如图所示,可将模块120的大部分关键元件布置在包含阵列轴和镜轴142的X-Y平面中,包括阵列124和阵列136以及镜138。这种平面布置对于实现模块120的紧凑设计非常有用,其中在Z方向具有低轮廓。阵列124和阵列136可方便地安装在通用印刷电路板154上,如图4所示。

[0051] 用于3D标测模块120或与其一起使用的处理电路(诸如深度处理电路66或上述其他类型的处理电路),处理由阵列136中的探测器元件输出的信号响应于从感测区域148所反射的辐射,以便在场景中构建一个对象或多个对象的3D地图。由探测器元件输出的信号指示由阵列124中的辐射源发射的脉冲的相应渡越时间(TOF),并且处理电路基于这些渡越时间构建3D地图。为此目的,阵列136中的探测器元件通常包括敏感的高速光电探测器,诸

如雪崩光电二极管或单光子雪崩二极管 (SPAD) 设备。模块120中的这些探测器类型的构型和用途与上文参考模块20所述类似。

[0052] 如同前面的实施方案,其他类型的处理电路可耦接到探测器元件的输出,并且该实施方案的原理类似地可应用于其他类型的3D标测,以及高速光学扫描仪和探测器的其他应用。

[0053] 图6是根据本发明的实施方案的示出3D标测模块120的后视图的示意性图示说明。扫描镜138是可旋转的,以便在图4和图5所示的模块120的前侧上的场景上方和在图6所示的模块120的相对的后侧上的另一个场景两者上方扫描辐射线122和感测区域148。(为了清楚起见,术语“前”和“后”可任意使用,并且在安装模块120的设备中可能正好相反)。在前扫描构型和后扫描构型中使用相同的照明组件123和检测组件145。

[0054] 为了扫描模块120的后侧,可简单地围绕镜轴142旋转镜138,使得相同的反射表面面向后侧。然而,为了使模块120更紧凑,在该实施方案中,镜138具有两个相对的反射表面:图4和图5所示的正面156以及图6所示的背面158。镜138围绕轴42旋转,使得线124和感测区域148当在模块的前侧上的场景上方扫描时从前表面156反射,并且在后侧上的场景上方扫描时从后表面158反射。由于这种结构的结果,镜138不需要旋转通过水平(X-Z)平面,因此可使模块120变得非常薄,例如在Z方向厚度小于5毫米。

[0055] 为了进一步减小模块120的尺寸,可使背面158小于正面156,如图6所示,使得镜138在Y-Z平面中具有大致梯形的轮廓。在标测模块120的后侧上的场景时,背面158通过壳体128的后侧中的窗口160反射线124和感测区域148。背面158越小意味着物镜光学元件146的采集孔,并且因此检测组件145的敏感度在后扫描构型中比在前扫描构型中更小。例如,当后扫描构型主要用于附近场景时,敏感度与模块尺寸的这种权衡是可接受的,其中从感测区域148所反射回来的辐射的强度相对较高。

[0056] 此外,后扫描构型中的光学元件146的减小孔可用于增大景深,其可包括非常靠近模块120的对象。为了进一步增大景深,可屏蔽镜138的背面158,以进一步减小光采集孔。作为另外一种选择或除此之外,物镜光学元件146可具有用于短距离和远距离标测的不同的可调节焦点位置。

[0057] 应当理解,上文所描述的实施方案以示例的方式引用,并且本实用新型不限于上文已特别示出或描述的内容。相反,本发明的范围包括上文所述的各种特征、以及本领域的技术人员在阅读以上描述之后会想到的在现有技术中没有公开的其变型形式和修改形式的组合和子组合。

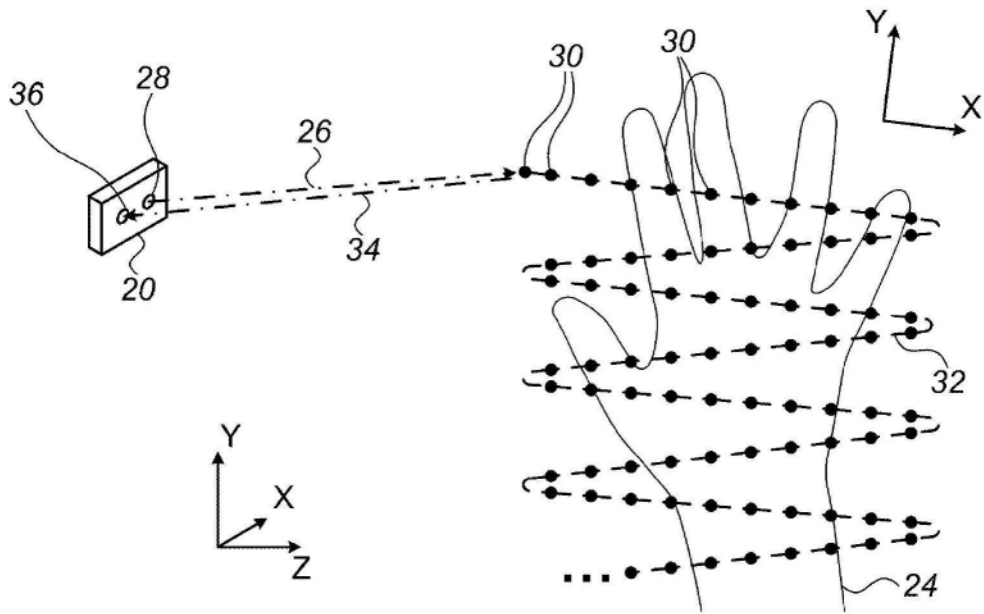


图1

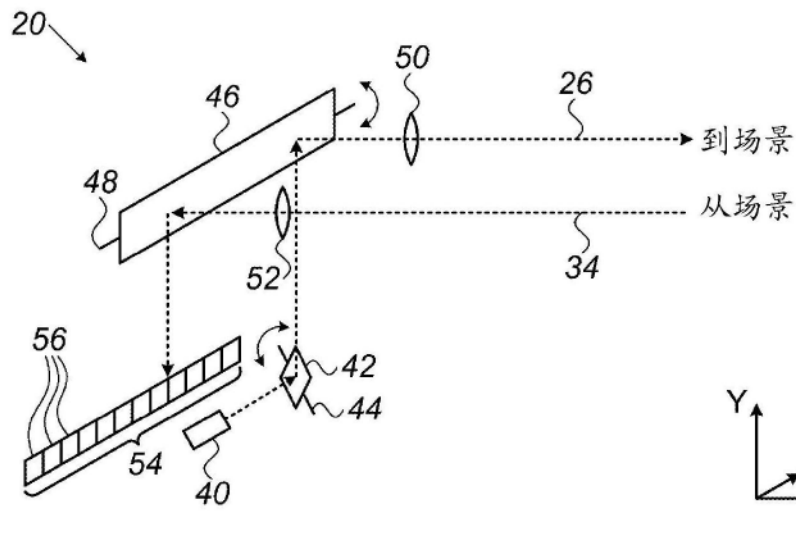


图2

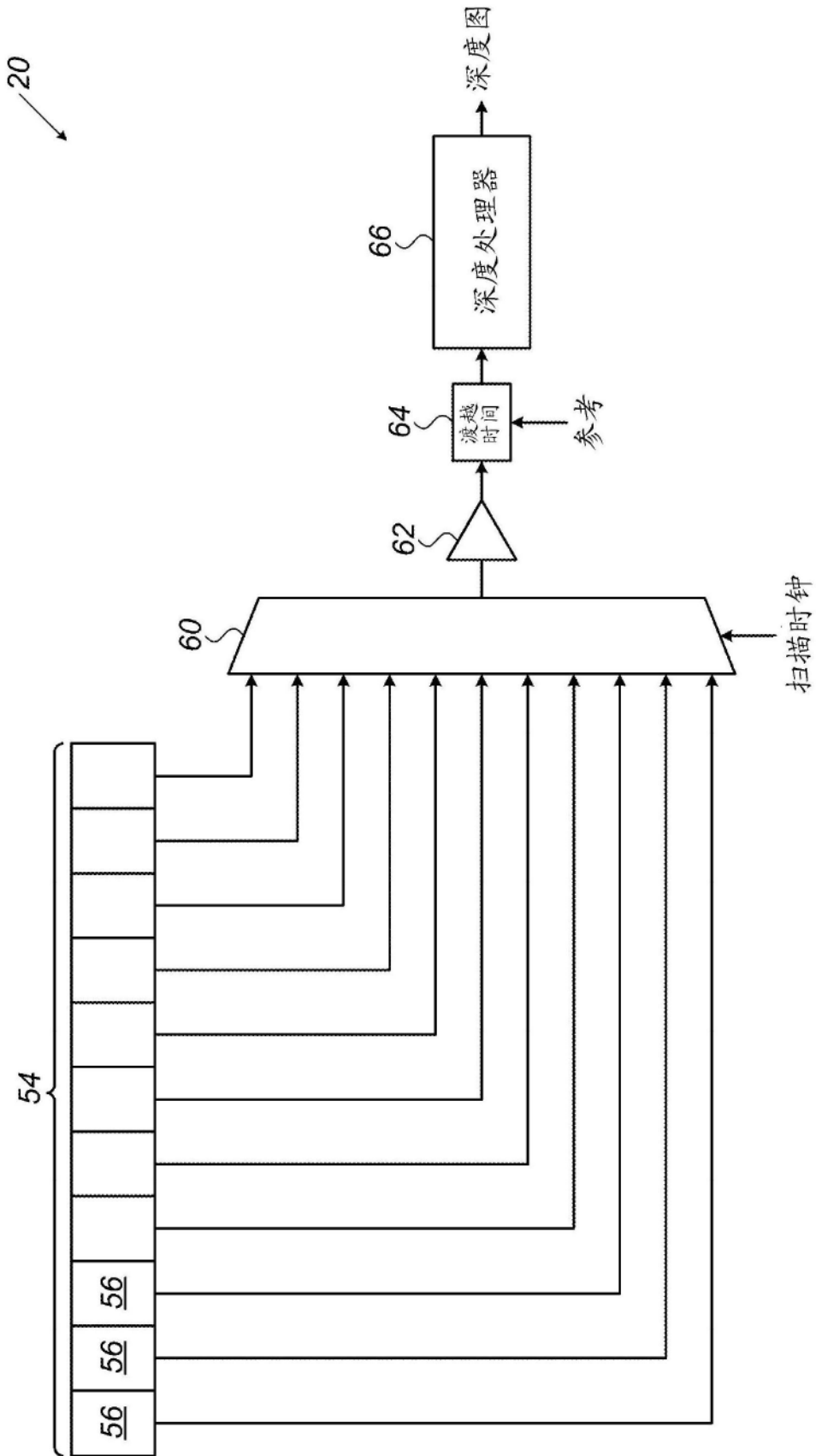


图3

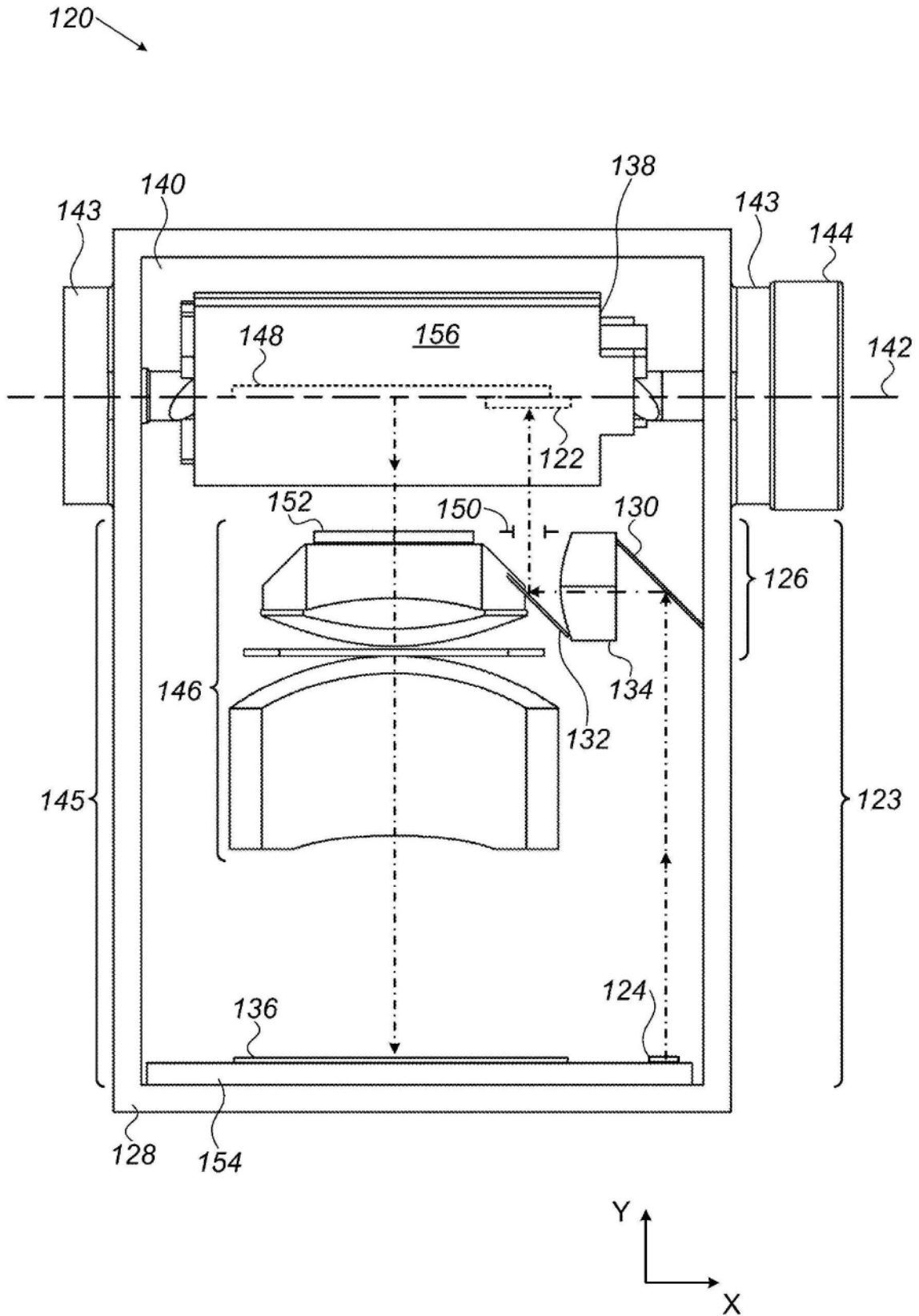


图4

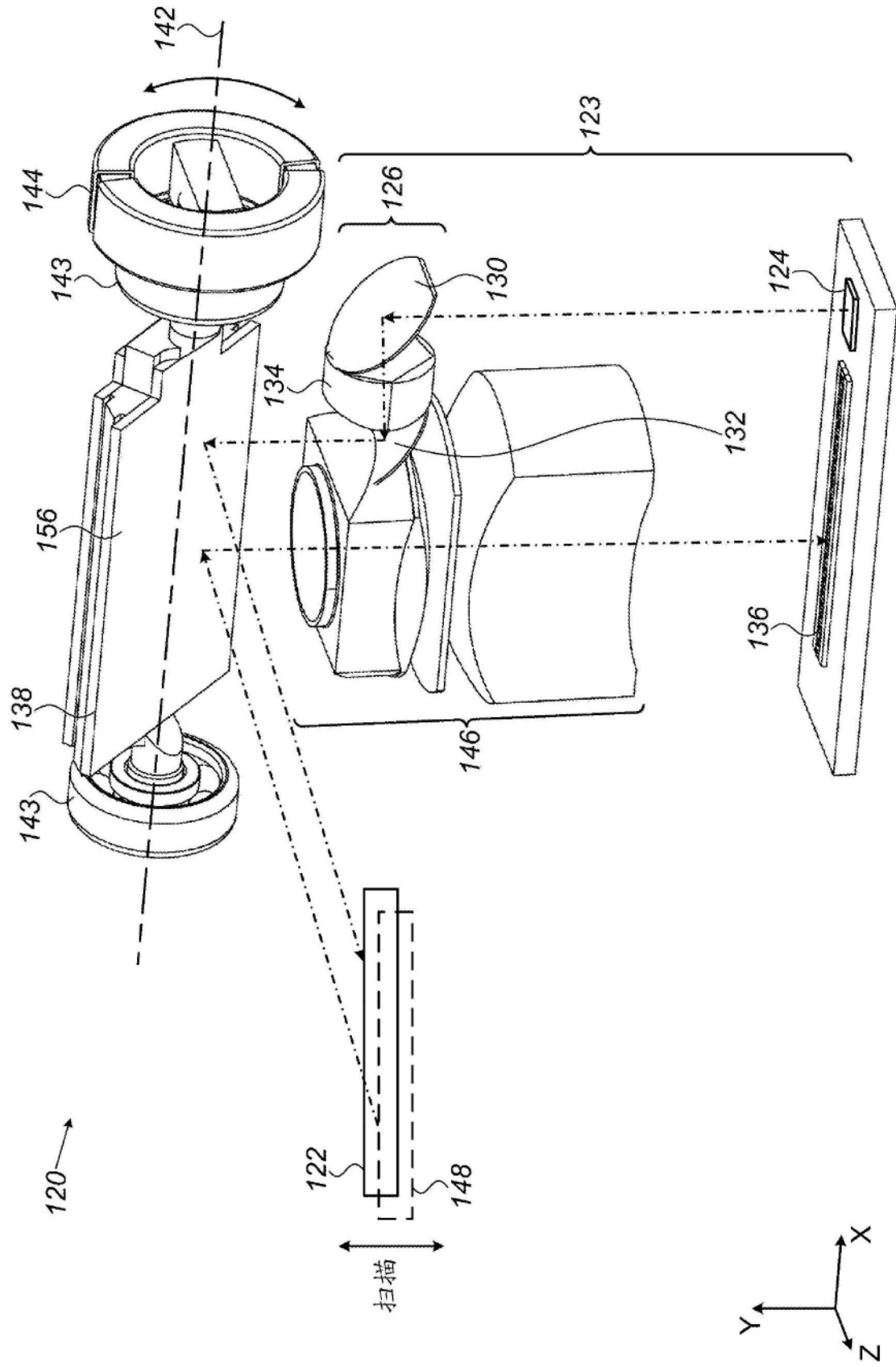


图5

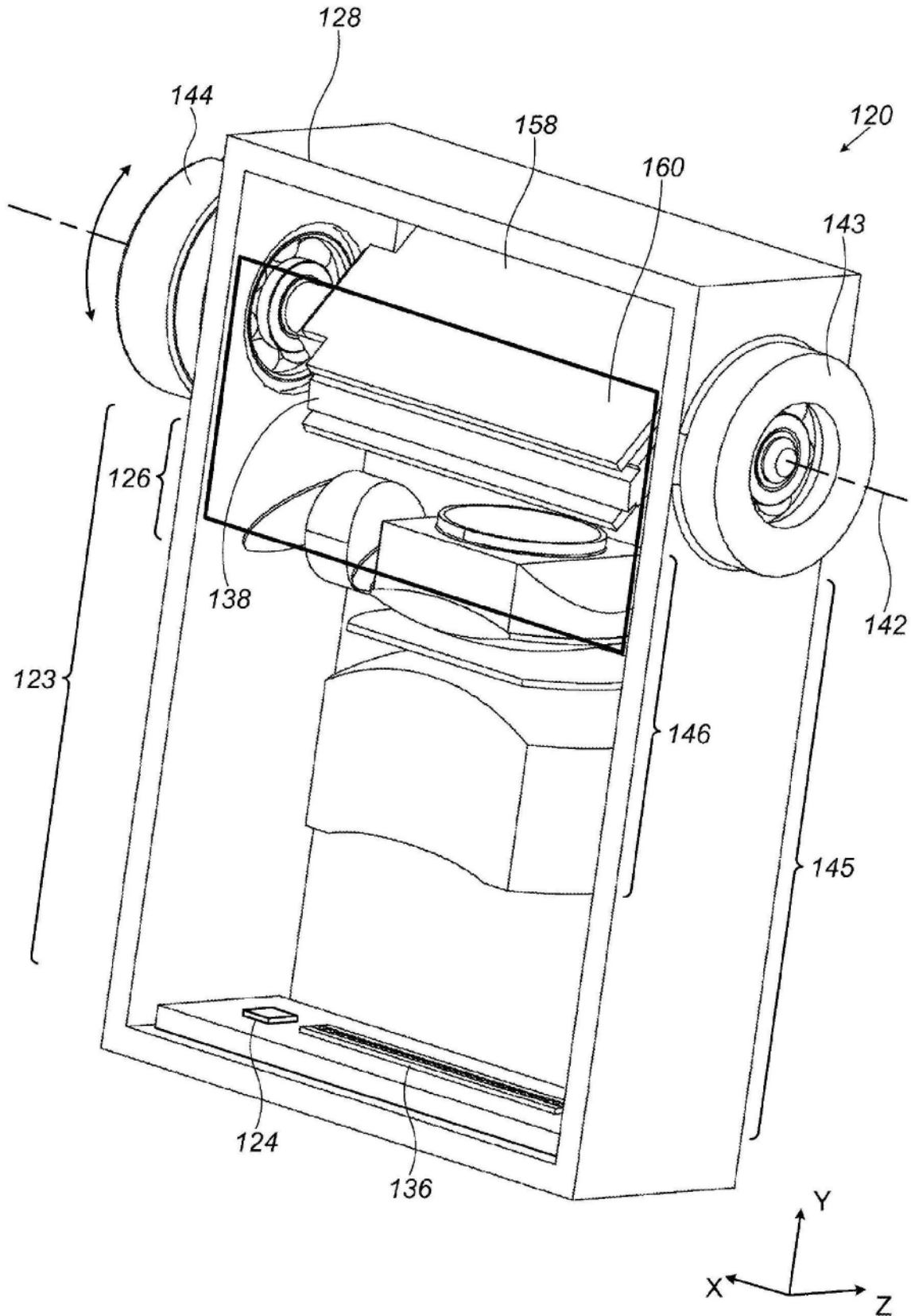


图6