



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117178219 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 05

(21) 申请号 202280025579.X

皮埃尔·克雷恩

(22) 申请日 2022.03.30

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司

(30) 优先权数据

11332

21165787.9 2021.03.30 EP

专利代理师 谭营营 王天鹏

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int.Cl.

2023.09.27

G02B 26/08 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/058413 2022.03.30

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2022/207706 EN 2022.10.06

(71) 申请人 珀莱特股份有限公司

地址 挪威斯科彭

(72) 发明人 珍妮·塔帕尼·凯皮奈恩

弗拉基米尔·卡尔塔晓夫

尼古拉斯·塔拉罗恩 阿兰·吉莱

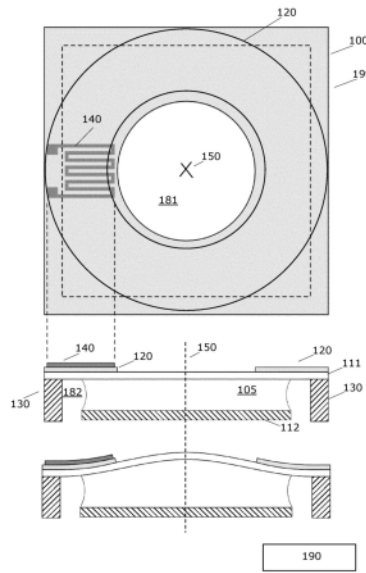
权利要求书3页 说明书14页 附图11页

(54) 发明名称

具有可变光功率或可变波束偏转的光学设备的基于传感器的控制

(57) 摘要

本发明涉及可控光学组件诸如可控透镜或可控波束偏转器。光学组件包括第一和第二盖构件,其中,第一和第二盖构件中的一个透明的而另一个是透明的或反射的。透明的、可变形的、非流体主体被夹在第一和第二盖构件之间,使得第一和第二盖构件以及非流体主体构成透镜或光偏转器。致动器被布置成根据控制信号产生第一和/或第二盖构件的可控弯曲和/或倾斜。提供一个或多个传感器以产生指示第一和/或第二盖构件的弯曲或倾斜的测量信号。基于该测量信号确定控制信号。



1. 一种具有可变光功率和/或可变波束偏转的可控光学组件(199、599),所述光学组件包括:

-第一盖构件(111)和第二盖构件(112),其中,所述第一盖构件和第二盖构件中的一个为透明盖构件,并且所述第一盖构件和第二盖构件中的另一个是透明或反射盖构件,

-透明的、可变形的、非流体主体(105),其被夹在所述第一盖构件和第二盖构件之间,使得所述第一盖构件和第二盖构件以及非流体主体构成透镜或光偏转器,其具有与所述非流体主体以及第一和/或第二透明盖构件相交的光轴(150),

-一个或多个致动器(120),其被布置成根据控制信号产生至少所述第一盖构件的可控弯曲和/或倾斜,其中,所述控制信号是从第一测量信号和第二测量信号能获得的,

-第一传感器和第二传感器(140),其被布置成提供所述第一测量信号和第二测量信号,使得所述测量信号指示至少所述第一盖构件的弯曲和/或倾斜,并且其中,所述第一传感器是根据权利要求21-29中任一项所述的光学传感器,并且所述第二传感器是根据权利要求12-20中任一项所述的变形传感器。

2. 根据权利要求1所述的可控光学组件,其中,所述第二盖构件(112)是棱镜(501),并且所述第一盖构件是:与所述棱镜的斜边相对布置以反射入射光(502)的强度的至少一部分的反射盖构件。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件,其中,所述一个或多个致动器(120)被布置成产生所述反射盖构件的可控倾斜。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件,其中,所述一个或多个致动器(120)是能产生线性或基本上线性位移的位移致动器(303)。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件,包括:将所述位移致动器(303)与所述第一盖构件(111)和/或第二盖构件(112)连接的一个或多个弹性元件(315),其中,所述一个或多个弹性元件中的每一个的至少一部分被布置为响应于所述致动器位移而弹性变形。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件,其中,所述一个或多个传感器(140)被布置成测量相应的一个或多个弹性元件(315)的一部分的所述变形。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件,其中,支撑结构包括刚性框架。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件,其中,所述支撑结构至少部分地围绕所述非流体主体,并且其中所述支撑结构与所述非流体主体分离,以允许非流体主体在不接触所述支撑结构的情况下至少沿着所述支撑结构的围绕或部分围绕所述非流体主体的一部分扩展。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件,其中,所述第一盖构件被固定到所述支撑结构,并且其中所述一个或多个致动器被连接到所述第一盖构件的表面。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件,其中,所述一个或多个致动器包括被连接到所述第一盖构件的表面的一个或多个压电式电元件。

11. 根据权利要求10所述的可控光学组件,其中,所述一个或多个压电式电元件包括被连接到所述第一盖构件的表面的环形压电式电元件,其中,所述环形压电式电元件被配置有孔径,以使能对光的透射。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件,其中,所述一个或多个传感器

(140) 包括压电式电传感器元件。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件, 其中, 所述压电式电传感器元件由被配置为所述一个或多个致动器 (120) 的所述一个或多个压电式电元件组成。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件, 其中, 所述一个或多个传感器 (140) 包括被连接到所述一个或多个致动器的表面的变形传感器。

15. 根据权利要求14所述的可控光学组件, 其中, 所述一个或多个致动器 (120) 被夹在所述一个或多个变形传感器 (140) 和所述第一盖构件或第二盖构件 (111、112) 之间。

16. 根据权利要求14-15中任一项所述的可控光学组件, 其中, 所述光学组件 (199、599) 还包括至少一个补偿传感器 (240), 其被布置为使得其不或基本上不响应于所述第一盖构件或第二盖构件的弯曲而受变形, 其中, 所述至少一个补偿传感器与所述一个或多个变形传感器是相同类型。

17. 根据权利要求16所述的可控光学组件, 其中, 所述至少一个补偿传感器 (240) 被连接到支撑结构 (130), 所述支撑结构 (130) 被配置为支撑所述第一盖构件和/或所述第二盖构件。

18. 根据权利要求16-17中任一项所述的可控光学组件, 其中, 所述至少一个补偿传感器和所述一个或多个变形传感器被布置成使得所述一个或多个变形传感器的温度依赖性由所述至少一个补偿传感器的对应温度依赖性来补偿。

19. 根据权利要求12-18中任一项所述的可控光学组件, 其中, 所述变形传感器 (140) 相对于所述透镜的光轴对称地布置。

20. 根据权利要求12-19所述的可控光学组件, 其中, 所述控制信号根据多个变形传感器的所测量的变形来确定。

21. 根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件, 其中, 所述传感器 (140) 包括光源 (551), 所述光源 (551) 被布置成透射光束 (553) 以使所述光束受到所述第一盖构件和/或第二盖构件 (111、112) 的弯曲或倾斜的影响, 并且其中所述传感器包括光探测器 (552), 所述光探测器 (552) 被布置为测量与所述弯曲和/或倾斜有关的光束的变化。

22. 根据权利要求21所述的可控光学组件, 其中, 所述光源 (551) 被布置成使得所述光束 (553) 由被布置成弯曲或倾斜的所述第一盖构件或第二盖构件 (111、112) 反射。

23. 根据权利要求21-22中任一项所述的可控光学组件, 其中, 所述光探测器 (552) 包括至少两个独立光探测器 (602), 所述独立光探测器中的每一个能产生与撞击到所述独立光探测器上的光的功率相关的输出信号。

24. 根据权利要求21-23中任一项所述的可控光学组件, 其中, 所述光源 (551) 的输出孔径和所述独立光探测器 (602) 的输入孔径被布置成使得它们面向所述第一盖构件或第二盖构件 (111、112)。

25. 根据权利要求21-24中任一项所述的可控光学组件, 其中, 所述光源 (551) 被布置在外切所述独立光探测器 (602) 的圆的中心处。

26. 根据权利要求21-25中任一项所述的可控光学组件, 其中, 所述光源 (551) 被布置成使得所述光束 (553), 诸如所述光束 (553) 的强度分布的中心, 在远离所述光轴 (150) 的距离 (h) 处撞击所述第一盖构件和/或第二盖构件 (111、112)。

27. 根据权利要求21-25中任一项所述的可控光学组件, 其中, 由所述光束 (553) 和所述

光束(553)撞击所述第一盖构件和/或第二盖构件(111、112)的位置处的表面法线所跨越的入射平面不包括所述光轴(150)。

28.根据前述权利要求中任一项所述的可控光学组件,其中,所述光源(551)被布置成使得所述光束(553)透射通过所述第一盖构件或第二盖构件(111、112),并且其中所述光探测器(552)被布置成测量所透射的光束。

29.根据权利要求28所述的可控光学组件,其中,所述光探测器(552)被布置成使得其输入孔径面向所述光轴(150)。

30.一种电子设备(900),诸如相机模块,包括根据前述权利要求中任一项所述的光学组件(199、599)和控制系统(190),所述控制系统(190)被布置成根据所述第一测量信号和第二测量信号产生所述控制信号以实现所述第一盖构件和/或第二盖构件的期望弯曲或倾斜。

31.一种用于控制根据权利要求1所述的光学组件(199、599)的方法,所述方法包括:

-从所述一个或多个传感器(140)获取第一测量信号和第二测量信号,使得所述测量信号指示所述第一盖构件和/或所述第二盖构件的弯曲和/或倾斜,

-基于测量信号确定控制信号,以及

-根据所述控制信号控制所述第一盖构件和/或所述第二盖构件的弯曲和/或倾斜。

具有可变光功率或可变波束偏转的光学设备的基于传感器的控制

技术领域

[0001] 本发明涉及具有可变光功率或可变波束偏转的光学设备以及用于控制这种设备的方法。

背景技术

[0002] 为了能够成功地使用具有可变光功率或可变偏转的设备,需要高精度的可变参数。这可以通过光学设备的精确校准来实现。由于对温度、滞后和长期漂移现象(即蠕变)的依赖性,很难实现精确的校准。控制可变参数的另一种方法是开发光学设备的模型,该模型可以预测由温度、滞后和蠕变引起的可变参数的变化。然而,仍然使用这种方法,模型不能预测用于每个光学设备的可变参数的精确值,而只能预测平均值。

[0003] 因此,需要改进对这种光学设备的控制,以实现精确控制并获得技术上可行的解决方案。

发明内容

[0004] 本发明的目的是改进可变透镜和可调光偏转器的控制。特别地,其目的是改进可变透镜和光偏转器的光功率和/或波束偏转的变化的测量。

[0005] 在本发明的第一方面中,提供了一种具有可变光功率和/或可变波束偏转的可控光学组件,该光学组件包括:

[0006] -第一盖构件和第二盖构件,其中第一盖构件和第二盖构件中的一个透明盖构件,并且第一盖构件和第二盖构件中的另一个透明或反射盖构件,

[0007] -透明的、可变形的、非流体主体,其被夹在第一盖构件和第二盖构件之间,使得第一盖构件和第二盖构件以及非流体主体构成透镜或光偏转器,其光轴与非流体主体以及第一和/或第二透明盖构件相交,

[0008] -一个或多个致动器,其被布置成根据控制信号产生至少第一盖构件的可控弯曲和/或倾斜,其中该控制信号可以从第一测量信号和第二测量信号获得,

[0009] -第一传感器和第二传感器,其被布置成提供第一测量信号和第二测量信号,使得测量信号指示至少第一盖构件的弯曲和/或倾斜,并且其中第一传感器是光学传感器并且第二传感器是变形传感器。

[0010] 在致动器被布置成产生至少第一盖构件的可控弯曲和/或倾斜的情况下,应当理解,致动器可以可替代地或附加地被布置成产生第一盖构件和/或第二盖构件的可控弯曲和/或倾斜。一个或多个传感器可以被布置成提供测量信号,使得测量信号指示第一盖构件和/或第二盖构件的弯曲或倾斜。

[0011] 根据替代实施例,可控光学组件包括第一传感器或第二传感器,并且因此将被布置为仅提供一个测量信号,从该测量信号可以获得控制信号,使得测量信号指示至少第一盖构件的弯曲和/或倾斜。

[0012] 有利地,通过测量盖构件的弯曲并由此测量光功率的变化,或者测量盖构件的倾斜并由此测量波束偏转,在反馈控制系统中可以使用所测量的变化来精确地调整致动器以实现期望的倾斜或光功率。

[0013] 与使用图像传感器读数和处理来控制光功率的其它解决方案相比,直接测量(例如透镜弯曲)提供了光功率的直接测量,并且从而使得能够更快地进行调整,例如在反馈控制回路中。例如,已知的是在相机中使用相位探测器用于获得图像锐度测量结果并且使用该测量结果来调整图像锐度。然而,相位探测器不提供关于光功率的信息。

[0014] 可控光学组件可以进一步包括被布置成支撑第一盖构件和/或第二盖构件的支撑结构。

[0015] 两个不同传感器(其中一个传感器是光学传感器并且其中另一个传感器是变形传感器)的使用结合了每个传感器的优点,例如使得光学传感器的高精度与变形传感器的直接应力感测能力或其它优点(诸如传感器之一的低成本或简化设计)相结合。

[0016] 在示例中,变形传感器,例如压电式传感器,被用于基于来自变形传感器的传感器读数来控制盖构件的弯曲。例如,来自压电式致动器(也用作压电式传感器)的传感器读数可以被用在开环算法中,该开环算法确定要被施加到压电式致动器的电压。已公布的PCT申请W02019/170793中描述了这种开环控制的示例,其在此通过引用被并入。为了提高精度,开环控制可以与闭环控制相结合,在闭环控制中将来自光学传感器的传感器读数与膜弯曲的参考值进行比较。

[0017] 第一传感器和第二传感器可以被布置为获得指示第一盖构件的弯曲和/或倾斜的测量信号,这例如通过将变形传感器与第一盖构件连接以检测第一盖构件的变形并通过布置光学传感器以光学检测第一盖构件的弯曲和/或倾斜的变化。

[0018] 变形传感器的示例包括压电式电传感器元件,诸如一个或多个致动器的压电式电元件。变形传感器的其它示例包括如本文所述的配置中的应变计传感器。光学传感器的示例包括其中光束被至少第一盖构件反射或被透射通过至少第一盖构件的本文所述的光学传感器配置中的任一种。

[0019] 第一传感器信号和第二传感器信号可以各自指示弯曲或倾斜。也可能的是,第一传感器信号和第二传感器信号中的一个指示弯曲而另一个指示倾斜。

[0020] 控制系统可以被配置成根据第一测量信号和第二测量信号产生控制信号,以实现第一盖构件和/或第二盖构件的期望的弯曲和/或倾斜。例如,第一测量信号和第二测量信号可以被组合以提高测量精度。在另一示例中,第一测量信号提供弯曲的测量而第二测量信号提供倾斜的测量。还可能的是,第一测量信号可以被用于弯曲或倾斜的初始调整,而第二测量信号可以被用于例如根据设定点基准而持续调整弯曲或倾斜。

[0021] 根据实施例,第二盖构件是棱镜并且第一盖构件是与棱镜的斜边相对布置以反射入射光的强度的至少一小部分的反射盖构件。因此,一个或多个致动器可以被布置为产生反射盖构件的可控倾斜。

[0022] 根据实施例,一个或多个致动器是能够产生线性或基本上线性位移的位移致动器。

[0023] 根据实施例,可控光学组件包括将位移致动器与第一盖构件和/或第二盖构件连接的一个或多个弹性元件,其中一个或多个弹性元件中的每一个的至少一部分被布置为响

应于致动器位移而弹性变形。

[0024] 有利地,弹性元件可以减少盖构件中可能通过刚性连接产生的不期望的变形。

[0025] 根据实施例,一个或多个传感器被布置成测量相应的一个或多个弹性元件的一部分的变形。

[0026] 在弹性结构中产生的变形的测量可以有利地被用于确定盖构件的倾斜或弯曲。

[0027] 根据实施例,支撑结构包括刚性框架。

[0028] 支撑结构(其可替代地可以是较不刚性的)可以被布置成至少部分地围绕非流体主体,并且使得支撑结构与非流体主体分离,以允许非流体主体在不接触支撑结构的情况下至少沿着支撑结构的围绕或部分围绕非流体主体的一部分扩展。

[0029] 刚性支撑结构可以被用于安置补偿传感器,该补偿传感器被布置成使得其不或基本上不响应于第一盖构件或第二盖构件的弯曲而受变形,其中至少一个补偿传感器与一个或多个变形传感器是相同类型的。补偿传感器可以被用于补偿温度依赖性。有利地,当支撑结构与非流体主体分离时,支撑结构不响应于致动而受变形并且因此可以保持住补偿传感器。

[0030] 根据实施例,第一盖构件被固定到支撑结构并且一个或多个致动器被连接到第一盖构件的表面。

[0031] 这样的致动器可以是表面安装的致动器,其被布置成在盖构件上产生表面应变。

[0032] 例如,一个或多个致动器包括连接到第一盖构件的表面的一个或多个压电式电元件。

[0033] 一个或多个压电式电元件可以包括连接到第一盖构件的表面的环形压电式电元件,其中,该环形压电式电元件被配置有孔径以使得能够透射光。

[0034] 根据实施例,一个或多个传感器包括压电式电传感器元件。有利地,压电式电传感器元件可以被用于实现高带宽的测量信号。

[0035] 例如,压电式电传感器元件可以是用作致动器的压电式电元件之一。因此,压电式致动器既可以作为致动器,也可以作为传感器。在此通过引用被并入的PCT申请W02019/170793描述了压电式致动器如何被用于基于施加到压电式致动器的两个电压之间的测量的过渡时间 t_t 来确定用于压电式致动器的传递函数 $dc(V)$ 。因此,取决于压电式致动器的测量,诸如压电式致动器的电容,可以被用于确定压电式致动器的传递函数,以便例如在开环配置中对其进行控制。

[0036] 根据实施例,一个或多个传感器是连接到一个或多个致动器的表面的变形传感器。例如,一个或多个致动器(诸如线性位移传感器)可以被夹在一个或多个变形传感器与第一盖构件或第二盖构件之间。在这种情况下,传感器可以被布置成测量传感器变形。

[0037] 光学组件可以包括至少一个补偿传感器,其被布置成不或基本上不响应于第一盖构件或第二盖构件的弯曲而受变形,其中至少一个补偿传感器与一个或多个变形传感器是相同类型的。至少一个补偿传感器可以被连接到支撑结构。

[0038] 至少一个补偿传感器和一个或多个变形传感器可以被布置成使得一个或多个变形传感器的温度依赖性由至少一个补偿传感器的对应温度依赖性来补偿。

[0039] 根据实施例,变形传感器相对于透镜的光轴对称地布置。例如,两个或更多个变形传感器可以被布置成与光轴具有相同的径向距离并且在传感器之间具有相同的圆弧-长

度。

[0040] 根据实施例,控制信号根据多个变形传感器的所测量的变形来确定。例如,控制信号可以根据例如来自多个传感器的平均值或差值来确定,或者可以针对独立可控的致动器来确定独立的控制信号。

[0041] 根据实施例,传感器包括光源,该光源被布置成透射光束以使该光束受到第一盖构件和/或第二盖构件的弯曲或倾斜的影响,并且其中传感器包括光探测器(552),该光探测器(552)被布置成测量与弯曲和/或倾斜有关的光束的变化。

[0042] 根据实施例,光源被布置成使得光束由被布置成弯曲或倾斜的第一盖构件或第二盖构件反射。

[0043] 根据实施例,光探测器包括至少两个独立光探测器,独立光探测器中的每一个都能够产生与撞击该独立光学探测器上的光的功率相关的输出信号。

[0044] 例如,两个独立光探测器可以被用于仅在一个维度上感测倾斜。三个独立光探测器可以被用于感测二维的倾斜,尽管四个独立光探测器可能是优选的。

[0045] 根据实施例,光源的输出孔径和独立光探测器的输入孔径被布置成使得它们面向第一盖构件或第二盖构件。

[0046] 根据实施例,光源被布置在外切(circumscribe)独立光探测器的圆的中心处。

[0047] 根据实施例,光源被布置成使得光束(诸如光束的强度分布的中心)在远离光轴的一段距离处撞击第一盖构件和/或第二盖构件。

[0048] 根据实施例,由光束以及光束撞击第一盖构件和/或第二盖构件的位置处的表面法线所跨越的入射平面不包括光轴。

[0049] 根据实施例,光源被布置成使得光束透射通过第一盖构件或第二盖构件,并且其中光探测器被布置成测量所透射的光束。光探测器可以被布置成使得其输入孔径面向光轴。

[0050] 本发明的第二方面涉及包括根据第一方面的光学组件的电子设备(诸如相机模块)和被布置成根据第一测量信号和第二测量信号产生控制信号以实现第一盖构件和/或第二盖构件的期望弯曲或倾斜的控制系统。电子设备可以是相机模块、光束扫描仪或其它电子设备。例如,光束扫描仪可以使用可控波束偏转设备,可能是可控透镜,用于诸如图像投影、条形码扫描和3D扫描的各种光束扫描目的。

[0051] 本发明的第三方面涉及用于控制根据第一方面的光学组件的方法,该方法包括

[0052] -从一个或多个传感器获取第一测量信号和第二测量信号,使得测量信号指示第一盖构件和/或第二盖构件的弯曲和/或倾斜,

[0053] -基于测量信号确定控制信号,以及

[0054] -根据控制信号控制第一盖构件和/或第二盖构件的弯曲和/或倾斜。

[0055] 通常,本发明的各个方面和实施例可以在本发明的范围内以任何可能的方式组合和耦合。本发明的这些和其它方面、特征和/或优点将从参照下文所述的实施例中显而易见并用参照下文所述的实施例阐明。

附图说明

[0056] 本发明的实施例将参考附图、仅以示例的方式来描述,其中

- [0057] 图1示出了包括具有可变光功率的可控透镜的光学系统，
- [0058] 图2示出了除了变形测量传感器之外的还配置有至少一个补偿传感器的可控透镜，
- [0059] 图3A-3B示出了其中致动器被布置成产生可控弯曲和/或倾斜的可控透镜的实施例，
- [0060] 图4A-4C示出了将位移致动器与盖构件连接的弹性元件的示例，
- [0061] 图5A示出了包括可控波束偏转设备的光学组件，
- [0062] 图5B示出了一种所使用的光学传感器，其中第一盖构件被布置成通过位移致动器弯曲，
- [0063] 图6A-6B示出了光学传感器的细节，
- [0064] 图7-8示出了光学传感器的线性性能，
- [0065] 图9示出了被配置为确定可控透镜的光功率的替代光学传感器，
- [0066] 图10A-10B示出了来自图9的光学传感器的输出信号，
- [0067] 图11A-11B示出了被配置为确定可控透镜的光功率的光学传感器的另一配置以及示出光学传感器的探测器上的光束点的x轴和y轴直径之比的关系的曲线，以及
- [0068] 图12示出了包括光学组件的电子设备，诸如相机模块。

具体实施方式

[0069] 图1示出了包括具有可变光功率的可控透镜100的光学组件199。上插图俯视图，以及两个下插图示出透镜处于两种不同致动状态的侧视图。透镜包括第一盖构件111和第二盖构件112。在实施例中，第一盖构件和第二盖构件是透明的。可替代地，第一盖构件和第二盖构件中的一个反射的，例如被设置有反射金属层，以提供全反射或部分反射，使得入射光束被反射回相对的透明盖构件。

[0070] 例如，第二盖构件可以包括反射表面，该反射表面被布置成将透射通过透明第一盖构件的入射射线反射回第一盖构件。为了方便起见，本文的示例和实施例指的是透明盖构件111、112。

[0071] 透镜100还包括被夹在第一盖构件和第二盖构件之间的透明的、可变形的、非流体主体105，使得第一盖构件和第二盖构件以及非流体主体构成具有与该第一盖构件和第二盖构件以及非流体主体相交的光轴150的透镜。非流体主体105邻接第一盖构件111和第二盖构件112的面向内的表面。

[0072] 光轴150可以被限定为以下轴线，其穿过第一盖构件111和第二盖构件112以及非流体主体105的中心并且是盖构件之一的平面的法线。光轴是根据常规光学定义被进一步限定的。

[0073] 一个或多个致动器120被布置成产生可控的弯曲、倾斜或位移或其组合。由此产生的透镜的整体外部形状的可控变化根据电或光控制信号来控制，诸如由控制系统190产生的控制信号来控制。

[0074] 第一盖构件111和第二盖构件112中的至少一个被配置为通过由致动器120提供的力或扭矩而弯曲。可以理解的是，力通常包括分布在一个区域上的力，例如由于由表面安装的压电式元件产生的应变而产生的应力。

[0075] 透镜包括被布置成支撑第一盖构件111和/或第二盖构件112的支撑结构130。在该示例中,第一盖构件111由支撑结构130支撑,例如被固定到支撑结构,而第二盖构件112不与支撑结构130接触。

[0076] 一个或多个传感器140被布置成测量与弯曲、倾斜或位移或这些的组合相关的变形。例如,在图1中,如果右侧和左侧致动器120被不同地控制,则第一盖构件111的弯曲可以不对称地成形以有效地引起倾斜效果。在图1示例中,传感器140可以是应变计或能够测量变形即应变的其它传感器类型。在这个示例中,传感器(应变计)被安装在表面安装的压电式元件的顶部,以便其测量至少与第一盖构件111的弯曲相关的压电式元件的变形。

[0077] 提供控制系统190以根据所测量的变形产生控制信号--或根据所测量的倾斜或所测量的光功率变化,通常根据指示弯曲或倾斜的测量结果--从而实现第一盖构件和/或第二盖构件的期望弯曲和倾斜或组合。例如,控制系统190可以包括被布置成最小化所测量的倾斜或弯曲与期望的倾斜或弯曲之间的差异的反馈控制系统。控制系统190可以与透镜集成,或者控制系统可以是被布置成从变形传感器接收变形信号并被布置成将控制信号传送到致动器120的单独的控制系统的。

[0078] 透明可变形、非流体透镜体105优选地由弹性材料制成。由于透镜体是非流体的,因此不需要流体密封的外壳来封装透镜体以防止从中泄漏。如图所示,透镜100包括支撑结构130和非流体主体105之间的间隙182。非流体主体105的运动因此相对于光轴150径向地、即沿垂直于光轴的方向不受限制。在优选实施例中,透镜体由软聚合物制成,其可以包括许多不同的材料,诸如硅酮、聚合物凝胶、交联或部分交联合聚合物的聚合物网络、以及可混溶的油或油的组合。非流体透镜体的弹性模量可以大于300Pa,从而避免在正常操作中由于重力而变形。非流体透镜体的折射率可以大于1.3。非流体主体105可以具有与第一盖构件111和第二盖构件112的折射率相等、基本相等或接近的折射率,以便减少在非流体主体105的边界处的反射。

[0079] 盖构件111、112通常是平板形的并且可以具有弯曲(诸如预成形的,例如球形的)的形状或平面表面或其组合。盖构件111、112可以由大量不同的材料制成,诸如丙烯酸、聚烯烃、聚酯、硅酮、聚氨酯、玻璃以及其它材料。被布置成由致动器变形的第一盖构件111和第二盖构件112中的至少一个具有适于通过致动器121的致动来实现弯曲的刚度。通常,第一盖构件111和/或第二盖构件112的材料可以被形成在具有在5MPa和100GPa之间的范围内的杨氏模量的材料中,以提供必要的刚度。例如,对于硼硅酸盐玻璃的杨氏模量为63GPa,而对于熔融石英玻璃为72GPa。

[0080] 第一盖构件111和/或第二盖构件112的弯曲至少部分是由于来自透镜体105的径向变化的反作用力,该反作用力影响盖构件111、112的下垂(sag)并且因此影响光功率,而不是仅仅在下垂没有变化的情况下垂直地压缩透镜体。在此通过引用被并入的W02019/002524A1中描述了透镜体105对盖构件的曲率的影响的完整解释。

[0081] 在图1示例中,一个或多个致动器120包括被安装在第一盖构件111的表面上的一個或多个压电式元件。例如,如图所示的片状和环形形状的压电式元件形式的单个致动器120被附接在第一盖构件111的表面上,以便提供第一盖构件的弯曲。一个或多个传感器140可以被布置在环形压电式元件上。代替环形元件,多个压电式元件可以沿着围绕光轴150的圆分布。一个或多个传感器可以被布置在分布式压电式元件之间或其它致动器120之间。

[0082] 因此,一个或多个变形传感器可以被连接到一个或多个致动器的表面,例如使得一个或多个致动器被夹在一个或多个变形传感器和第一盖构件之间。可替代地或附加地,一个或多个变形传感器可以被连接到第一盖构件111或第二盖构件112的表面。

[0083] 以其它方式配置的致动器120也是可行的。例如,线性位移致动器可以位于第一盖构件111和第二盖构件112之间并且与盖构件111、112的向内指向的表面连接,例如经由弹性元件诸如可弯曲元件连接,其被布置成累积例如致动器120与盖构件111、112上的连接点之间的径向相对位移。在这种情况下,一个或多个传感器120可以被安装在向内和向外指向的表面中的一个或多个上。

[0084] 一个或多个压电式致动器120被布置成使得透镜120包括内部部分181,该内部部分181构成由一个或多个压电式致动器101包围的透镜区域,使得光可以无障碍地穿过透镜区域。非流体主体105被布置成使其至少覆盖透镜区域,但也可以超过透镜区域的延伸部而朝向第一盖构件111或第二盖构件112的周边延伸。

[0085] 致动器120可以被配置成仅产生第一盖构件111或第二盖构件112的可控弯曲。因此,通过致动,第一盖构件和/或第二盖构件可以被弯曲成凹形或凸形,并由此向透射通过透镜的光提供光功率。

[0086] 可替代地,一个或多个致动器120可以被布置成将盖构件中的一个111相对于另一个112移位和/或倾斜。例如,致动器120可以如上所解释地被布置在盖构件111、112之间,使得两个盖构件之间的相对角度可以改变,例如以便改变透射通过透镜100的成像光的方向。

[0087] 在另一示例中,盖构件111、112中的一个包括反射表面,以通过控制盖构件的倾斜来提供反射光束的可调整波束偏转。

[0088] 致动器可以有利地被布置成提供盖构件111之一的弯曲与倾斜结合,以便产生光功率和波束偏转。结合的倾斜和弯曲可以与透明或反射盖构件一起使用。波束偏转可以被用于在相机(诸如智能电话中的紧凑型相机)中实现光学图像稳定(optical image stabilization,OIS)。

[0089] 支撑结构130可以被配置为刚性框架,其在连接到支撑结构的盖构件111、112变形或受到来自致动器的应力时不变形或基本上不变形。支撑结构可以被布置成使得其至少部分地围绕非流体主体并且由此为所连接的盖构件111、112提供持续支撑。此外,可控透镜100可以在非流体主体105的周边和支撑结构之间被布置有间隙182诸如气隙182,即相对于光轴150径向延伸并且在径向方向上将非流体主体105的周边与支撑结构130间隔开的间隙。由于该间隙,非流体主体能够响应于致动器动作而在径向方向上无约束地扩展。

[0090] 来自传感器140的输出信号可以取决于除变形之外的其它物理效应。这样的其它效应包括温度、滞后和蠕变。如果两个相同的传感器被布置成彼此接近,则至少传感器140的温度依赖性可以被补偿,或者至少部分地被补偿。

[0091] 图2示出了可控透镜在变形测量传感器140之外还被配置有至少一个补偿传感器240。补偿传感器240被布置成使得它们不或基本上不响应于第一盖构件或第二盖构件的弯曲而受变形。由于补偿传感器和变形传感器是相同类型的,它们对其它物理效应诸如温度具有基本上相同的依赖性。

[0092] 通过在惠斯通电桥电路中连接包括一个补偿传感器240和一个测量传感器140的一组传感器(当它们是电阻式应变传感器时),来自惠斯通电桥的输出信号将相对于影响补

偿传感器240和测量传感器140两者的物理效应而被补偿。因此,例如温度的变化将不会在来自惠斯通电桥的输出信号中产生对应的变化。也就是说,温度的任何变化都会以相同的方式影响两个传感器140、240。因为温度变化在两个传感器中是相同的,所以它们的电阻的比率不改变,并且温度变化的效应被最小化或基本上消除。以这种方式,第一和第二变形传感器140的温度依赖性可以通过相应的第一和第二补偿传感器240的对应温度依赖性来补偿。

[0093] 补偿传感器可以被连接到支撑结构,使得它们在第一盖构件或第二盖构件变形时不受变形或仅在很小程度上受变形。

[0094] 如图2所示,四个变形传感器140和相关联的补偿传感器240相对于透镜100的光轴150旋转对称地布置。例如,多个变形传感器可以被用于最小化可能响应于弯曲而产生的像差。

[0095] 有利地,用于独立致动器120的控制信号或多个控制信号(诸如用于第一和第二致动器120的第一和第二控制信号)可以基于来自多个变形传感器的传感器信号来确定。例如,可以根据来自多个传感器140的多个传感器信号的平均值或差值来确定单个控制信号,或者可以基于多个传感器信号来确定用于对应的多个致动器120的多个控制信号。

[0096] 来自多个变形传感器120的传感器信号可以示出第一盖构件的弯曲变形围绕光轴150偏离不同角位置。在那种情况下,所测量的偏差可以被用于控制多个致动器120以使每个所测量的弯曲变形接近相同的弯曲基准,或使得偏差被最小化。

[0097] 图3A-3B示出了可控透镜100的实施例的主要示意图,其中致动器120被布置成根据与针对其它实施例所述的类似原理,根据来自一个或多个传感器140的测量信号产生第一盖构件111和/或第二盖构件112的可控弯曲和/或倾斜。

[0098] 致动器120是能够响应于控制信号产生位移的位移致动器303。致动器120中的每一个都可以具有被布置成在与光轴150平行或基本上平行的方向上位移的位移元件301。

[0099] 一个或多个致动器120、303被布置成沿着包围光轴150的路径351在第一盖构件111或第二盖构件112上产生力,该路径351诸如是在第一盖构件111或第二盖构件112的表面上的圆(图3B)。

[0100] 致动器120可以是线性位移致动器,诸如线性压电式或电磁电动机、压电致动的悬臂式致动器、形状记忆合金、线性螺杆驱动器或线性音圈致动器,其被布置成沿路径351在几个点(这里是八个点)处施加位移。

[0101] 致动器被固定到支撑结构130,使得位移元件301相对于支撑结构130位移。在该示例中,第一盖构件111不直接与支撑结构130连接,而是经由致动器303和弹性元件315间接地连接。未被致动的盖构件,诸如图3A-3B中所示的第二盖构件112,可以由又一支撑结构302(诸如支撑结构130)支撑。可替代地,第二盖构件112可以由其它致动器致动,这些致动器类似于结合图1-2所述的位移致动器303或表面安装的致动器120。

[0102] 路径351可以包围透明的、可变形的、非流体主体105,使得非流体主体105如图示的那样被路径351围绕。然而,路径351也可以位于非流体主体105的延伸部内。致动器120也可以被定位成使得它们作用在第一盖构件111或第二盖构件112的边缘上,或者被定位成靠近该边缘。

[0103] 致动器120、303沿着路径351布置并且被布置成在与盖构件111、112的表面垂直或

基本上垂直的方向上产生位移。在这种情况下,基本上垂直可能意味着相对于法线的偏差高达例如10-15度。线性位移的方向与盖构件的表面之间的角度的角度变化根据盖构件的弯曲而产生。

[0104] 致动器120、303的动作根据由致动器提供的力、扭矩或位移而改变第一盖构件和/或第二盖构件的曲率。因此,通过控制致动器,可以控制透镜100的弯曲并由此控制光功率。如果致动器被布置成与第一盖构件连接,则第二盖构件也可以弯曲,或者反之亦然,这取决于盖构件的厚度或刚度并且取决于又一支撑结构302。

[0105] 通过控制致动器120、303以针对沿着路径351的不同致动器在第一盖构件111和/或第二盖构件112上产生不同的力,盖构件111、112可以被迫使倾斜和弯曲。盖构件的倾斜引起光轴的方向改变,其被示出为夸大的光轴350,并且由此引起透射光或反射光的方向改变。通过控制盖构件111、112的倾斜,透射光的方向的改变可以被用于补偿相机旋转(例如由于手抖动),即以便获得光学图像稳定(OIS)。

[0106] 注意到,致动器120、303可以被布置成作用在第一盖构件111或第二盖构件112上。还可能的,致动器120、303被布置成作用在第一盖构件111和第二盖构件112两者上,使得两个盖构件都受致动器120、303的作用而被迫使弯曲,可能地使得任一侧上的致动器是独立可控的,即使得被施加到盖构件中的一个上的位移/力是独立于被施加到另一个盖构件上的位移/力可控的。

[0107] 透镜的盖构件111、112中的一个的倾斜可以独立于透镜100的另一个盖构件111、112的弯曲来施加。例如,任何类型的致动器120可以被提供用于弯曲第一盖构件111,而位移致动器303被提供用于弯曲盖构件。

[0108] 在图3A中的主要示意图中,致动器位移经由铰接梁305被放大,该铰接梁305经由铰链连接件306布置。传感器140可以被布置在梁上并且由此测量梁变形。梁变形与弯曲和倾斜相关,并且因此,来自被安装在梁305上的传感器的传感器信号可以被用于控制致动器120、303以实现第一盖构件111或第二盖构件112的期望弯曲和/或倾斜。

[0109] 作为位移致动器303的替代方案,诸如压电式元件的表面安装的致动器120可以被附接到梁305并由此提供线性位移,例如经由弹性连接件307。

[0110] 出于实际目的,可能会使用图3A中的主要解决方案以外的其它设计,但都基于类似的原理并且使用位移致动器303。根据原理,一个或多个弹性元件315(诸如铰接梁305)被布置成使得它们将位移致动器303与第一盖构件111和/或第二盖构件112连接。弹性元件315可以具有各种配置,但通常被布置成响应于由位移致动器303施加的力而弹性变形。附接到弹性元件315中的一个或多个的变形传感器140测量弹性元件315的变形,或弹性元件315的至少一部分的变形。由于弹性元件的变形与第一盖构件111或第二盖构件112的弯曲和倾斜之间的关系,所测量的变形可以被用于确定用于控制致动器140的控制信号。

[0111] 弹性元件315响应于第一盖构件111或第二盖构件112与位移致动器303之间的相对位移而弹性变形。

[0112] 图3A显示,除了铰接梁305之外,位移致动器303与第一盖构件111之间的弹性连接件还包括又一弹性元件307。

[0113] 又一弹性元件307可以被布置成响应于第一盖构件111或第二盖构件112的弯曲或倾斜而在至少径向方向上变形,使得由于弯曲或倾斜引起的第一盖构件111或第二盖构件

112的径向延伸的变化通过径向变形而累积。通过径向位移可以理解,相对径向位移的至少一个分量具有在径向方向上垂直于光轴的方向。

[0114] 例如,又一弹性元件307可以由弹性粘合剂制成,例如通过执行胶合工艺而实现。优选地,又一弹性元件307具有响应于径向方向上的变形的低刚度和位移致动器303的位移方向上的高刚度,以便将致动器位移传递到盖构件111、112。

[0115] 图4A-4C示出了将位移致动器303与第一盖构件111连接的弹性元件315的示例。在这个示例中,致动器也被布置成经由又一弹性元件315a提供第二盖构件112的弯曲。在这些图中,致动器303未被示出,仅位移元件301的接触点和致动器120、303的指示被示出。

[0116] 弹性元件315被配置有多个可变形部分,其形式为多个弹簧元件401,诸如悬臂式金属梁。响应于第一盖构件111的弯曲,弹簧元件401弯曲。弹簧元件401的弯曲有助于要求弹性元件315响应于朝向光轴150在径向方向上的变形而提供低刚度,以及在致动器303的位移方向上提供高刚度,以便高效地将致动器位移传递到第一盖构件。该低径向刚度确保第一盖构件的弯曲不被弹性元件315约束。弹簧元件401中的每一个与相邻弹簧元件分离,以使弹簧元件401中的每一个独立于或基本上独立于相邻弹簧元件401而变形。

[0117] 弹性元件315包括支撑构件402。如主要示出的,位移致动器303被布置成作用在支撑构件402的表面上。

[0118] 在该示例中,支撑构件402被形成为具有构成用于透镜100的孔径的孔的环形结构。

[0119] 在该示例中,第一盖构件111和第二盖构件112各自经由上弹性元件315和下第二弹性元件130a独立地致动。

[0120] 一个或多个传感器140可以被附接到弹簧元件401以测量变形。该变形至少部分是由于第一盖构件111的弯曲造成的,由此来自传感器140的测量信号与该弯曲直接相关。

[0121] 图5A示出了包括可控光束偏转设备500的光学组件599。在该实施例中,第二盖构件112是棱镜501并且第一盖构件111是与棱镜501的斜边相对布置的反射盖构件,诸如反射镜。入射光502,即从物体空间被成像到图像传感器上的光,经由其短边之一透射通过棱镜501并通过非流体主体到达第一盖构件,以便对入射光502进行反射并将入射光重定向到不同的方向,诸如垂直于或基本上垂直于入射方向的方向。因此,反射式第一盖构件111引起光轴的折叠。入射光502的一部分可以透射通过第一盖构件,例如由于由第一盖构件111构成的部分反射器而引起。

[0122] 如结合图3A所述的位移致动器303可以被布置成产生反射盖构件111的可控倾斜。如结合图3A所述的,被布置在柔性元件315上的传感器140提供测量信号,其指示致动器的位移幅度以及由此指示反射盖构件111的倾斜角度。图5A中所示的两个致动器可以以相反的位移方向操作,以便于反射盖构件111的倾斜。可替代地,反射盖构件111可以在一侧被铰接。

[0123] 作为替代方案,传感器140可以被布置成提供致动器303的位移的直接测量。这种传感器可以基于光学或电阻式距离测量并与传感器集成。位移致动器300可以被配置为没有铰接梁305。例如,当不使用铰接梁305提供位移放大时,位移致动器303可以被直接连接到反射盖构件111,可能地经由又一弹性元件307。

[0124] 可控透镜100和可控波束偏转设备500是根据各种实施例的可控光学组件的示例。

[0125] 与图3A类似,第一盖构件111不直接与支撑结构130连接,而是经由致动器303和弹性元件315间接连接。

[0126] 图5A示出了作为传感器140的替代方案的光学传感器550。光学传感器550包括被配置成输出光束(诸如准直波束553)的光源551和光学探测器552。光学探测器552,诸如位置敏感探测器或象限探测器,产生取决于波束553在探测器552上的1D或2D位置的输出。因此,光学传感器550能够测量至少第一盖构件111的倾斜。

[0127] 图5B示出了在第一盖构件111被布置成由直接连接到第一盖构件111的位移致动器330而弯曲的示例中使用的光学传感器550,尽管也可以使用表面安装的致动器120。波束的发散受到第一盖构件111的弯曲的影响,并且因此探测器上的束斑的大小与第一盖构件的弯曲直接相关。探测器552因此能够产生取决于束斑大小的输出。显然,探测器552可以是其输出取决于探测器上的束斑的位置和大小两者的类型。

[0128] 因此在该实施例中,替代光学传感器550被配置为使透射光束553通过非流体主体105、通过第一盖构件111和第二盖构件112中的至少一个,并且使得光束的方向和/或发散受到至少一个盖构件111、112的影响,至少一个盖构件111、112由致动器120、303倾斜和/或弯曲。

[0129] 控制系统190可以是偏转设备500或光学传感器550的一部分,并且被布置成基于所测量的倾斜来控制致动器120,诸如在反馈回路控制系统中,其中所测量的倾斜角度和期望的倾斜角度之间的差被最小化。

[0130] 第一盖构件111可替代地被配置为透明盖构件511,以便经由折射将入射光502透射通过盖构件。透明盖构件可以有利地位于与棱镜的两个垂直面中的一个相对,而非流体主体105被夹在盖构件511和棱镜之间。该透明盖构件511可以被用于通过控制盖构件511的倾斜来控制光束502的传播方向。因此,棱镜可以被配置有反射盖构件111和折射的(即透明的)盖构件511,如图5C中简化的图示所示。为了方便起见而没有包括用于使盖构件111、511倾斜的致动器120。

[0131] 图6A更详细地示出了图5A的光学传感器550。光学传感器550包括光源551,该光源551被布置成朝向第一盖构件111(即反射器)的背侧601或透明盖构件511透射光束553,诸如发散光束。波束553被背侧601反射,并且因此,反射的波束553的传播方向受到盖构件111、511的倾斜的影响。

[0132] 通过背侧601是指背对着棱镜501的一侧。背侧601可以被涂覆以提供反射性能。因此,盖构件111、511的背侧可以被用作如图5A所示的盖构件111、511的前侧的替代物,或者其补充,其中前侧面向棱镜501。在其中偏转设备500被设置有反射盖构件111和透明盖构件511两者的配置中,背侧601的使用对于从探测器552或者用于不同盖构件111、511的不同探测器获得独立的传感器信号可能是有利的。

[0133] 光探测器552被布置成测量由盖构件111、511的倾斜引起的光束553的变化。光束553的变化可以涉及光束553撞击光学探测器552的位置的变化和/或光束953在光学探测器552上的光斑的大小的变化。

[0134] 光探测器552可以被配置有至少四个独立光探测器602,其中,独立光探测器602中的每一个都能够产生与撞击独立光探测器的光的功率相关的输出信号。通过处理来自独立光探测器602的信号输出,诸如通过比较单独的输出,可以确定盖构件111、511的倾斜的变

化。所测量的倾斜可以被用在致动器系统120、303的控制中,诸如在将所测量的倾斜与期望的倾斜角之间的差异最小化的控制系统190的反馈控制系统中。

[0135] 图6B示出了光学传感器550的替代实施例,其中光源551被布置在独立光探测器602的中心处,即使得所有光探测器602围绕光源551。在这种配置中,光源551和光探测器602的平面可以与反射或透明盖构件111、511的背侧601平行或基本平行。

[0136] 图7示出了图6A的光学传感器550的线性性能。如上面的图所示,对于x轴倾斜的变化,从探测器552输出的y位置略微取决于盖构件111的y轴倾斜角度。类似地,下面的图示出了对于y轴倾斜的变化,从探测器552输出的x位置略微取决于x轴倾斜角度。因此,在倾斜角是两个旋转轴线的组合时(在可控波束偏转设备500被配置为提供围绕两个垂直的x轴和y轴的倾斜的情况下),来自探测器552的输出信号是略微非线性的。

[0137] 图8示出了图6B配置的光学传感器550的线性性能。因此,光学传感器的这种配置显示出来自探测器552的输出信号的改进的线性度,并且因此可以消除对探测器信号输出的校准的需要。

[0138] 图9示出了被配置为确定可控透镜100的光功率的光学传感器550的替代配置。

[0139] 光源551被布置成使得光束553(诸如光束553的强度分布的中心)在远离光轴150的距离h处撞击第一盖构件111和/或第二盖构件112。在这种情况下,光束553优选为准直光束。对光束553进行反射的第一盖构件111和/或第二盖构件112的表面面向相机的图像传感器901。可控透镜100(诸如所述反射表面)与图像传感器901之间的距离为Z。光探测器552被布置成检测光束553的反射的至少一部分。光源551和探测器552位于图像传感器901的相对侧上,但不一定与图像传感器901的中心共线。

[0140] 当探测器552位于距透镜100相同、或基本相同的距离Z处时,尽管这不是必要条件,但反射波束553撞击探测器552的位置与从平面盖构件111、112反射的波束553撞击探测器552的位置之间的位移 Δ 是:

$$[0141] \quad \Delta = \frac{hZ}{2R}$$

[0142] 其中h是沿y轴从光轴150到光束553撞击第一盖构件111或第二盖构件112的点的距离,Z是沿z轴在图像传感器901和第一盖构件111或第二盖构件112之间的距离,R是第一盖构件111或第二盖构件112面向图像传感器901的表面的曲率(被测量为半径)。假设平面-凸透镜,透镜的光功率P由下式给出:

$$[0143] \quad P = - \left(\frac{nlens - nair}{nair} \right) \frac{1}{R}$$

[0144] 其中,nlens和nair是透镜和周围空气的折射率。因此,由致动器改变的光功率可以从所测量的位移值 Δ 中确定。

[0145] 光源551和探测器552可以被定位使得光束553的入射平面包括光轴150,即使得光源551和探测器552与图像传感器901对准。在另一实施例中,光源551和探测器552被定位使得光束553的跨越的入射平面不包括光轴150,即,使得光源551和探测器552不与图像传感器901对准。

[0146] 图10A示出了来自探测器552的输出信号作为光功率的函数,其根据针对探测器

552和光轴150之间沿y轴测量的5mm的距离(实线)和对于对应的7mm的距离(虚线)的位移值 Δ 而确定。在该示例中,光源551和探测器552与图像传感器901对准。如图所示,当探测器552位于离图像传感器901更远的位置时实现了更好的灵敏度,但是以更大的形状因子为代价(在y方向上)。

[0147] 图10B以与图10A中类似的配置示出了来自探测器552的输出信号,其中探测器552与光轴150之间的距离为7mm。然而,在该示例中,光源551和探测器552不与图像传感器901对准,即入射平面不包括光轴150。由于非对准配置,反射光束553在探测器552上沿x和y方向两者位移。在图10A中实线显示x位移,而虚线显示y位移。对引起x和y方向位移的反射的敏感度可以被用于通过比较x和y位移并使用等式 $\Delta = \frac{hZ}{2R}$ 来确定散光,即第一盖构件111或

第二盖构件112的面向表面在正交方向上的不同半径,其中h的相关值用于两个正交方向。

[0148] 图11A示出了被配置为确定可控透镜100的光功率的光学传感器550的另一配置。

[0149] 透镜100位于光源551和探测器553之间,即使得光源551被布置成朝着第一盖构件111和第二盖构件222中的一个的面向外表面透射光束553,并且使得探测器552被布置成接收被透射通过第一盖构件111和第二盖构件112中的另一个的面向外表面的光束553。因此,光束553以高入射角被透射通过第一盖构件111和第二盖构件112。

[0150] 光探测器552可以被布置成使得其输入孔径面向光轴150,即使得探测器表面的法线垂直或基本上垂直于光轴150。

[0151] 光束553与第一盖构件111和第二盖构件112的表面之间的入射角可以在60度以下,诸如在40度以下或在30度以下。

[0152] 光源551和探测器552可以被布置成使得光束553的入射平面包括光轴150,或者使得入射平面不包括光轴150。

[0153] 在由透镜100产生的散光的情况下,例如由于盖构件111、112的弯曲中的误差,诸如由于致动器不精确,光束553的光斑将是非圆形的(假设入射光束553的旋转对称的强度分布),并且来自探测器552的独立光探测器602的输出将产生与散光相对应的信号。

[0154] 另外,由于散光与透镜焦距P成比例,可以通过借由使用探测器552的四个探测器602测量光斑的变形(即光斑的椭圆形状)来确定透镜焦距P。

[0155] 图11B示出了探测器553上的光束光斑的x和y直径之比与透镜焦距P之间的关系。

[0156] 图11A示出了光源551a和探测器552a可以被布置成使得光束(虚线)在透射通过可控透镜100之前透射通过其它光学部件920,诸如固定透镜,和/或使得光束在透射通过可控透镜100之后被透射通过其它光学部件920。因此,可控透镜和其它光学部件可以沿光轴放置在光源551和探测器552之间。这在不提供用于将光源551和/或探测器552放置在可控透镜100的相对两侧上的空间的紧凑光学系统中可能是有利的。

[0157] 图12示出了相机模块900,其包括可控透镜100和被布置成接收被透射通过透镜100的光的图像传感器901。可选地,相机模块900可以包括被布置成接收和重新定向待成像的入射光502的光束偏转设备500,并且可以包括附加光学部件,诸如可以被布置在透镜堆叠中的固定光学透镜,透镜堆叠也可以包括可控透镜100。因此,相机模块900包括由可控透镜100和/或光束偏转设备500体现的光学组件199、599。光学组件199、599可以被组合成包括可变透镜100和偏转器500两者的单个光学组件。相机模块600可以被用在诸如智能电话

的电子设备中。其它电子设备,例如光束扫描仪,可以将没有图像传感器的光学组件用于成像之外的其它目的。

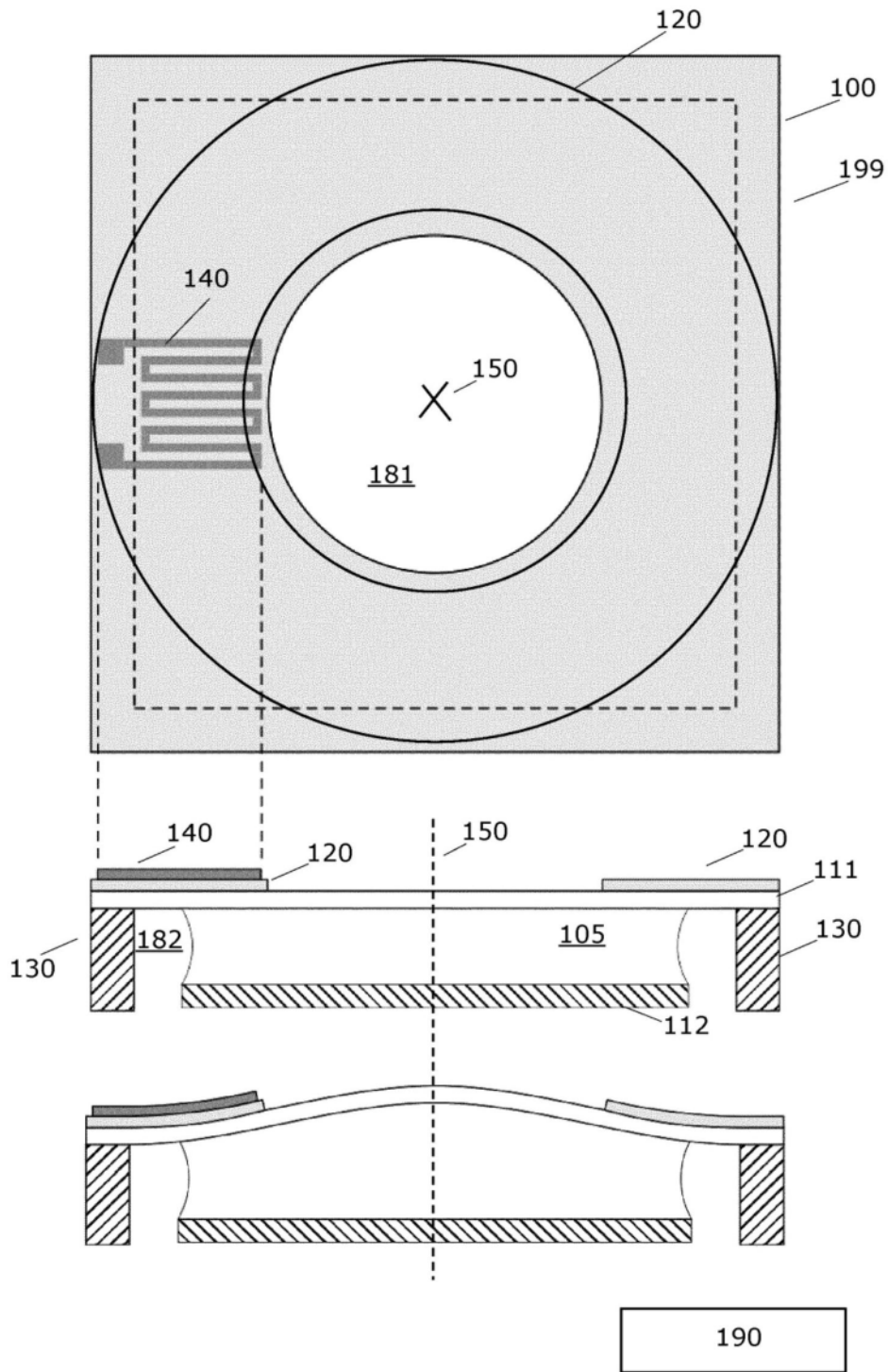


图1

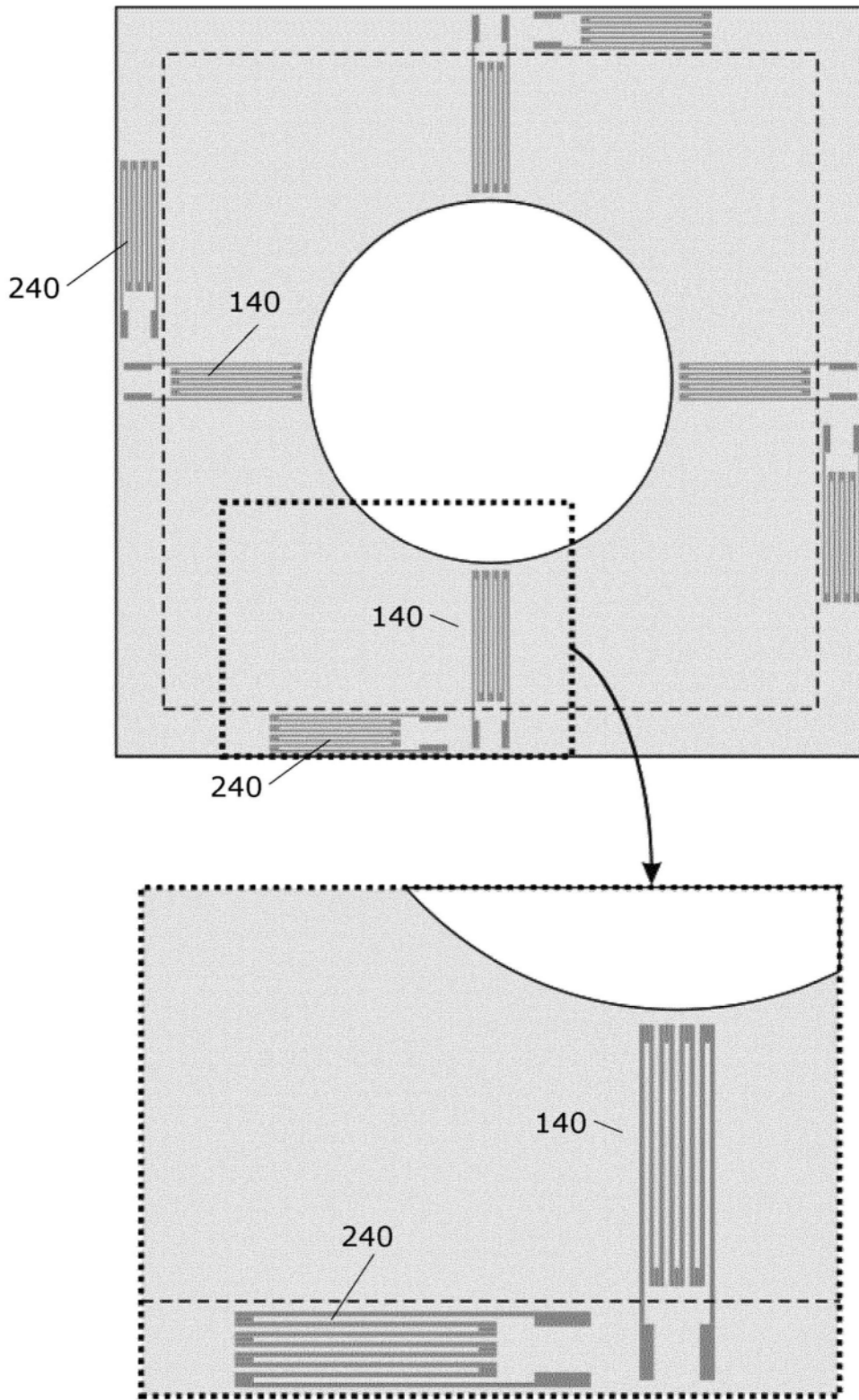


图2

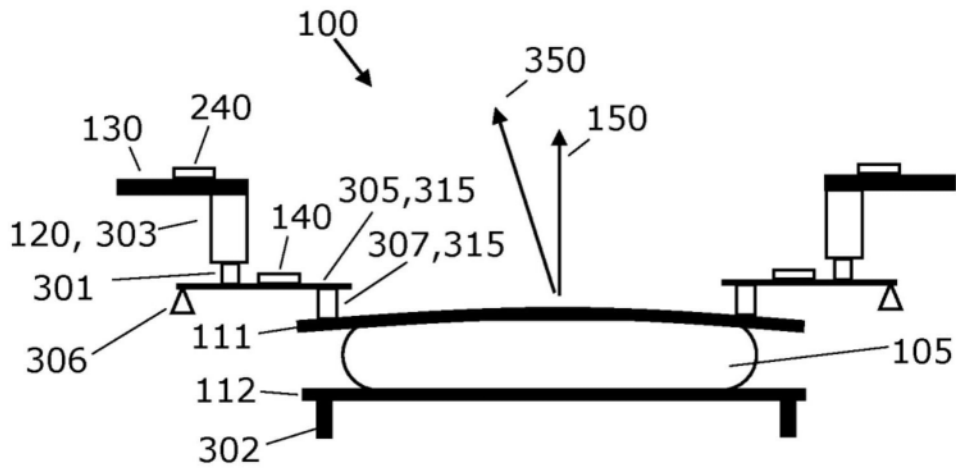


图3A

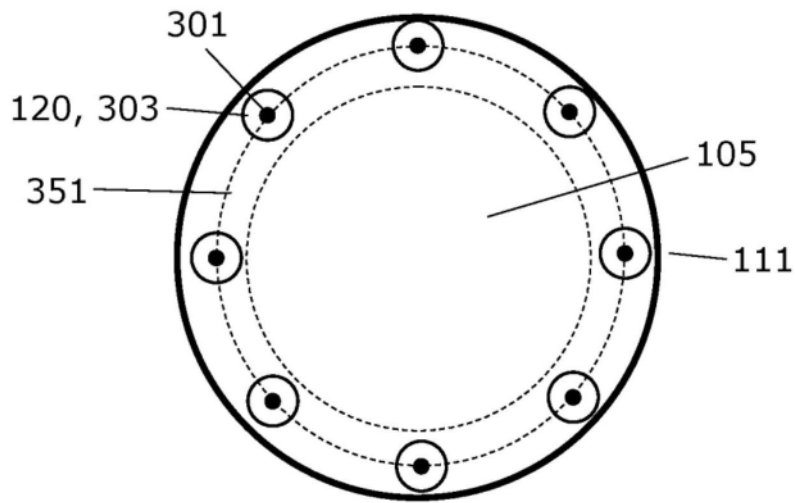


图3B

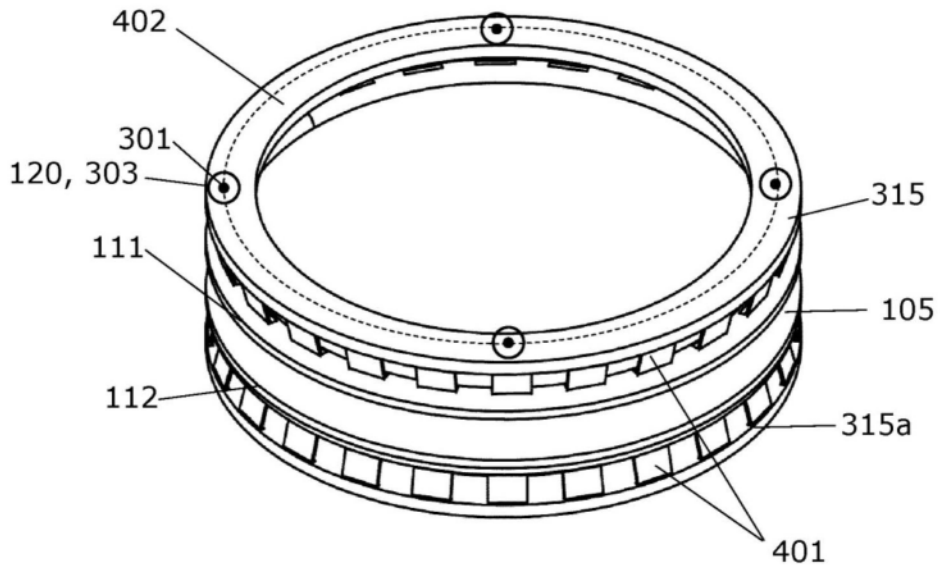


图4A

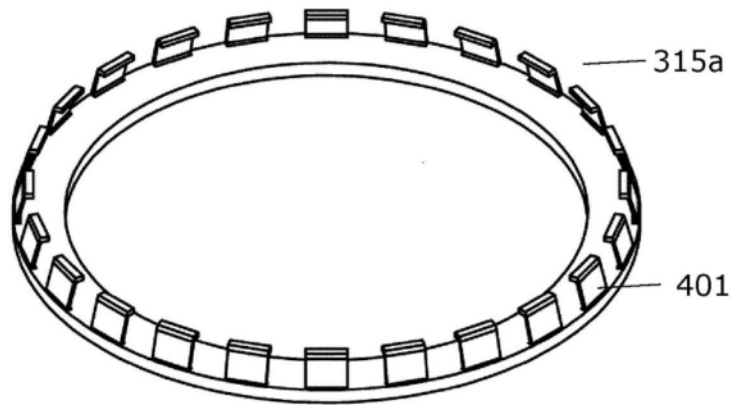


图4B

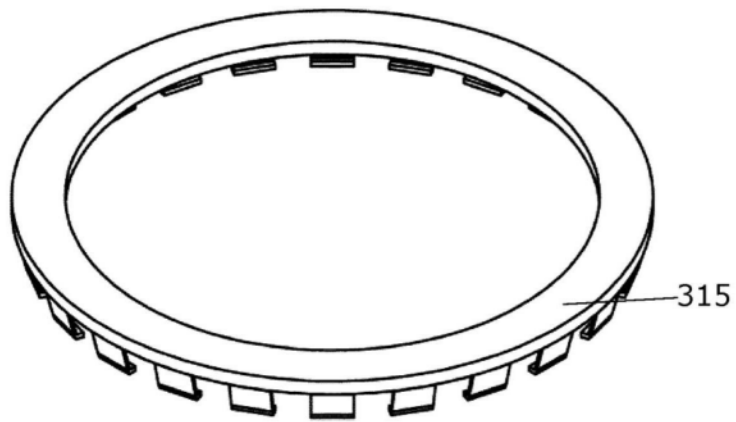


图4C

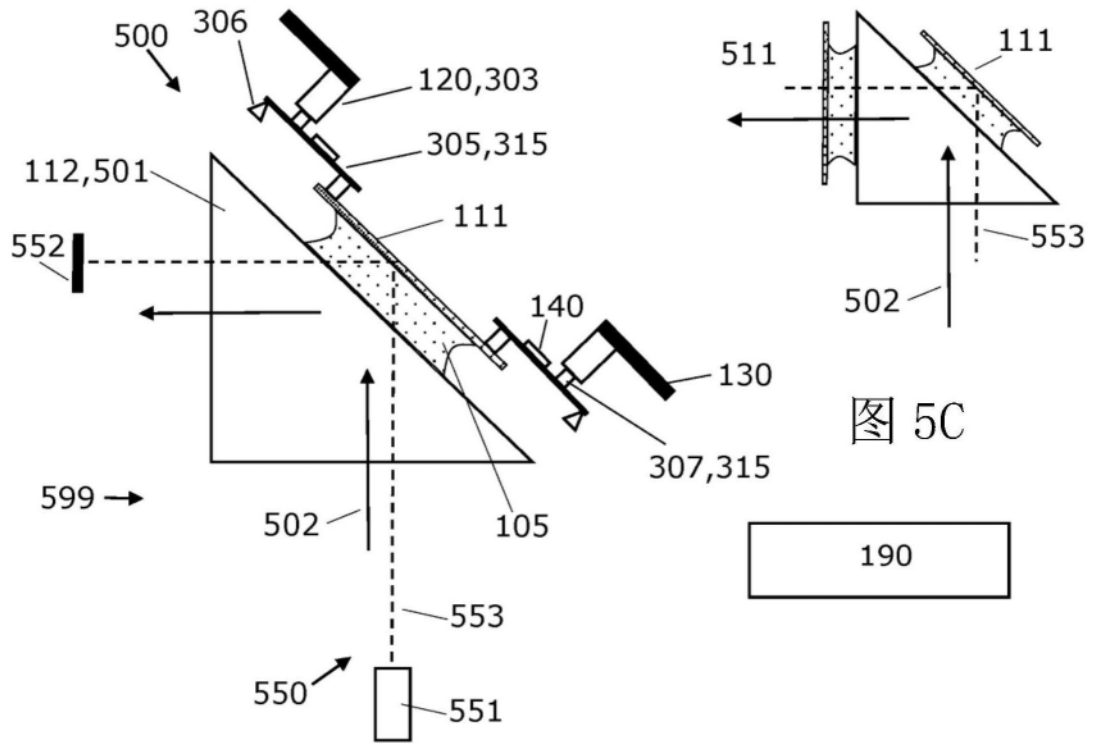


图 5A

图 5C

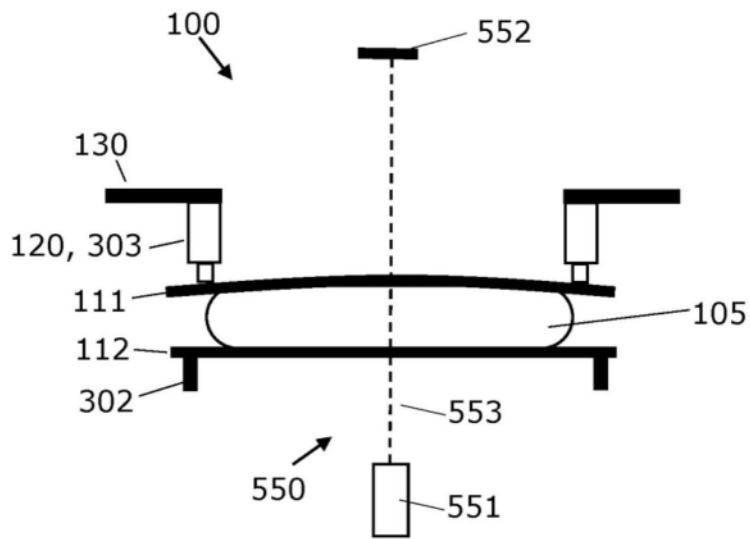


图 5B

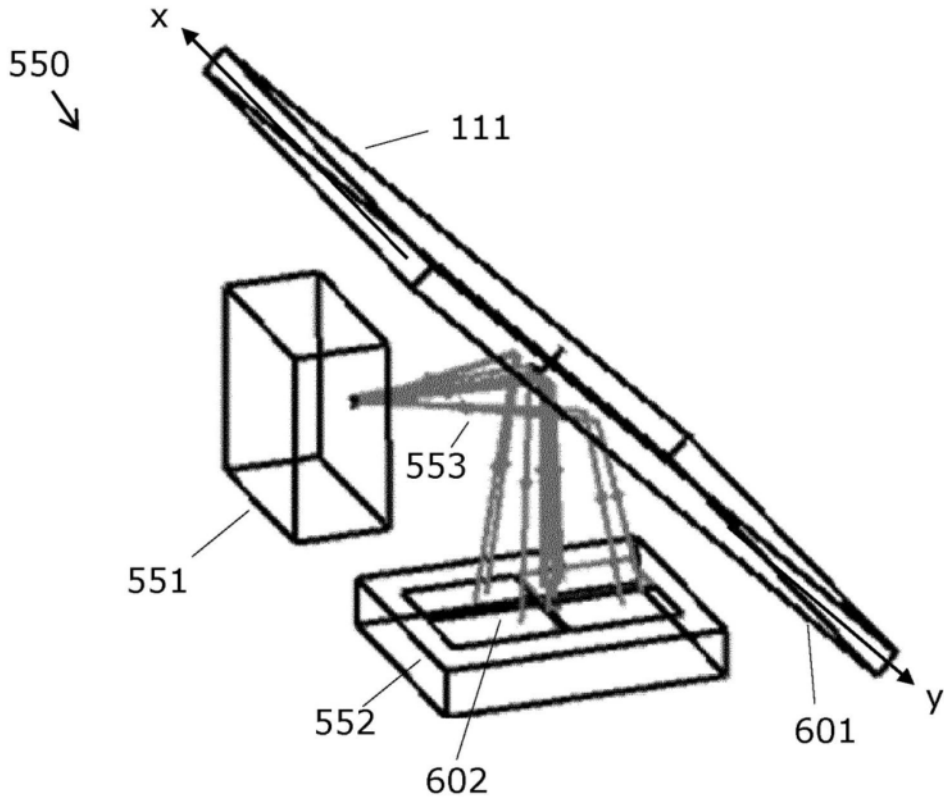


图6A

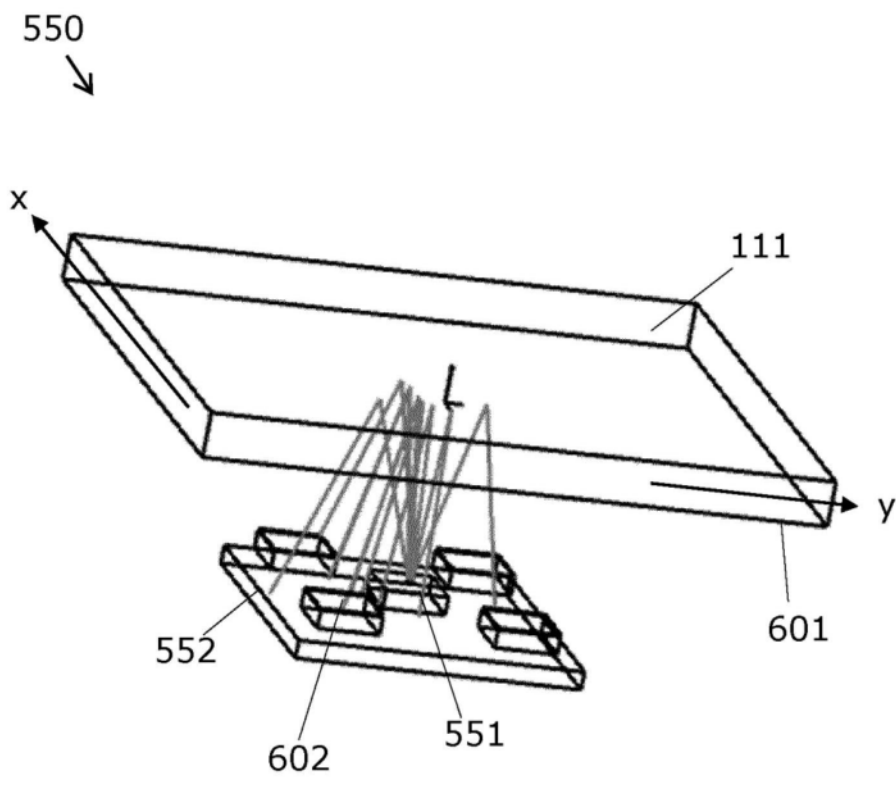


图6B

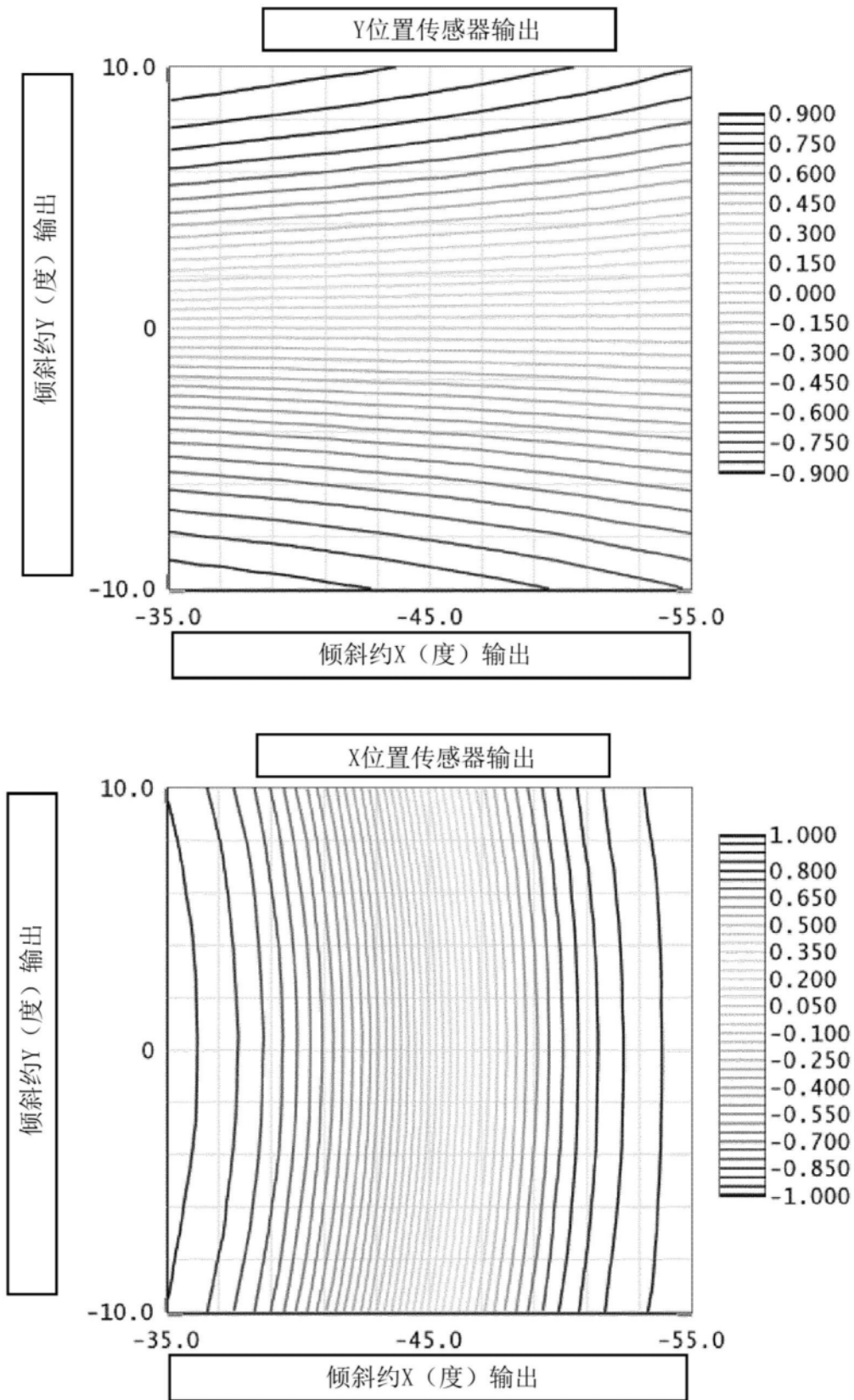


图7

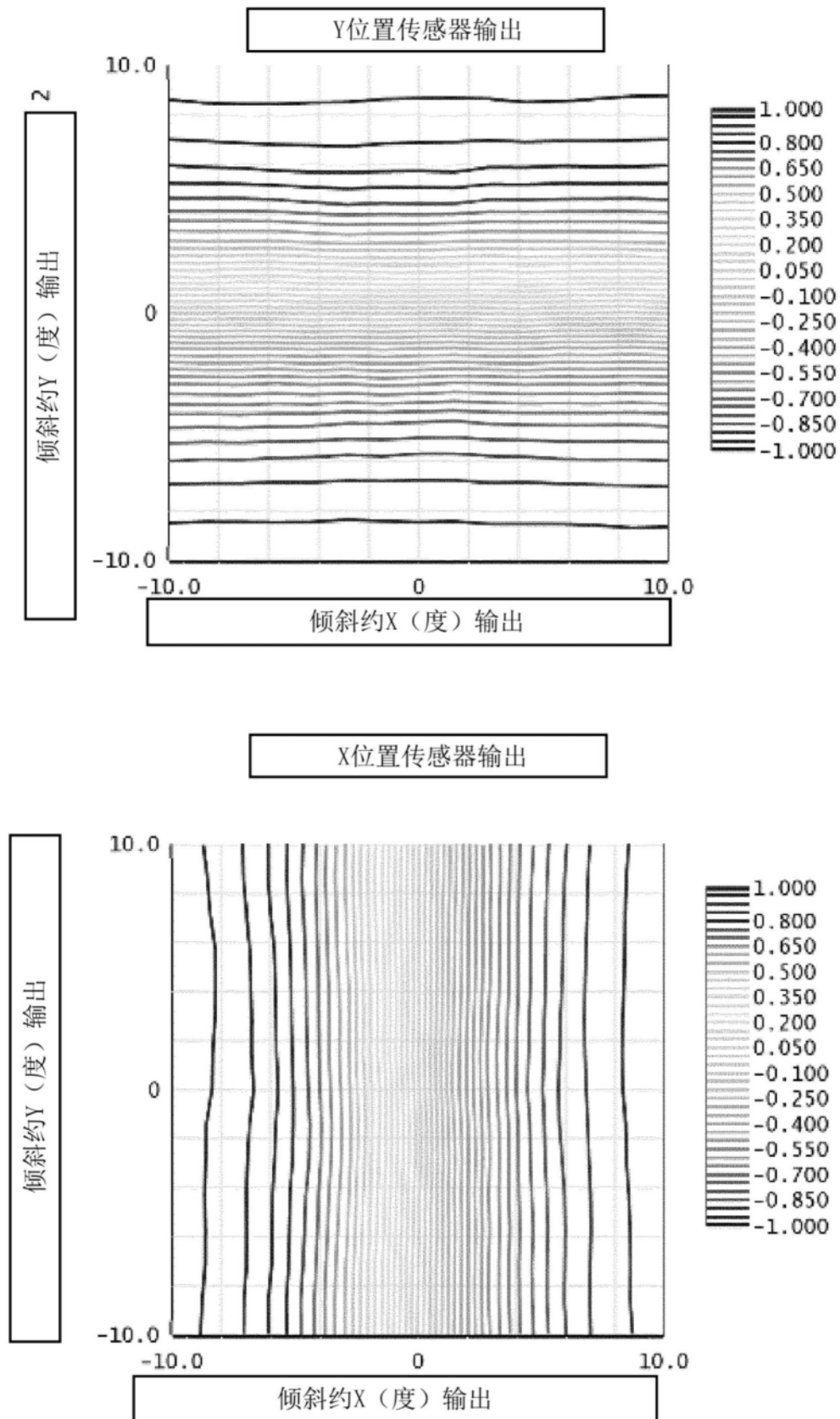


图8

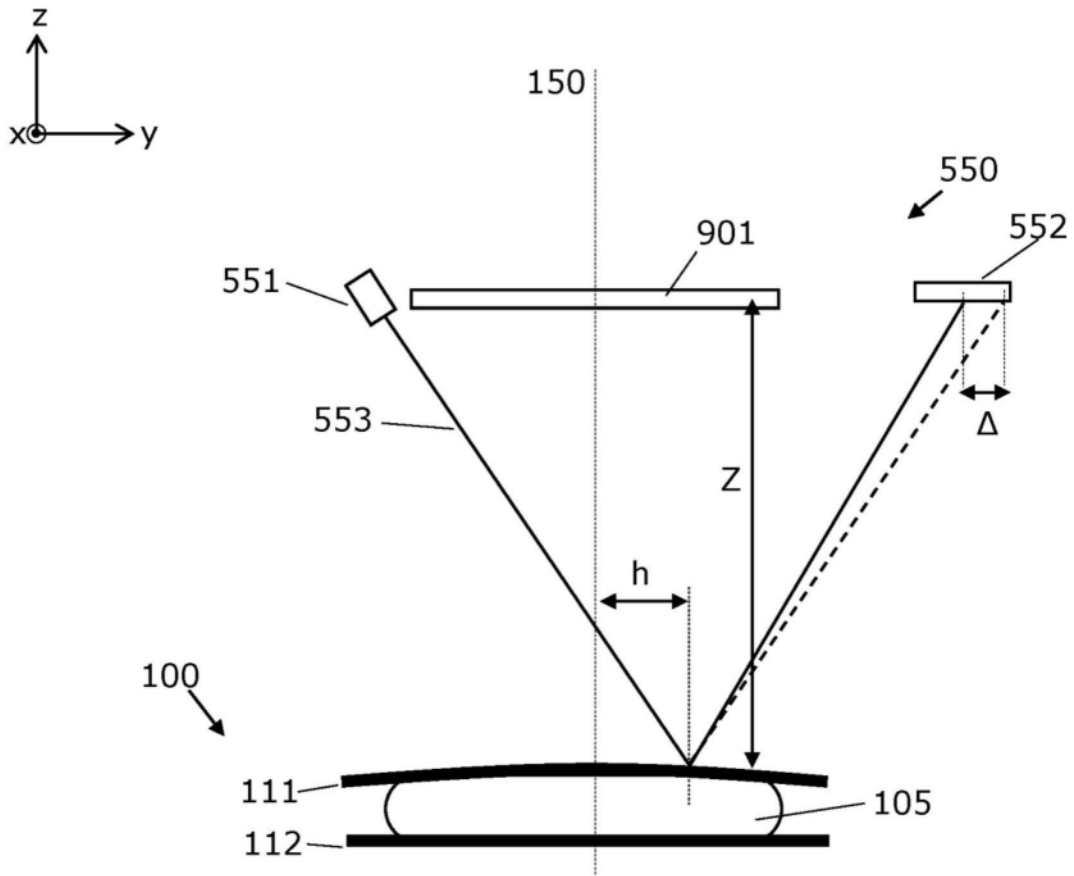


图9

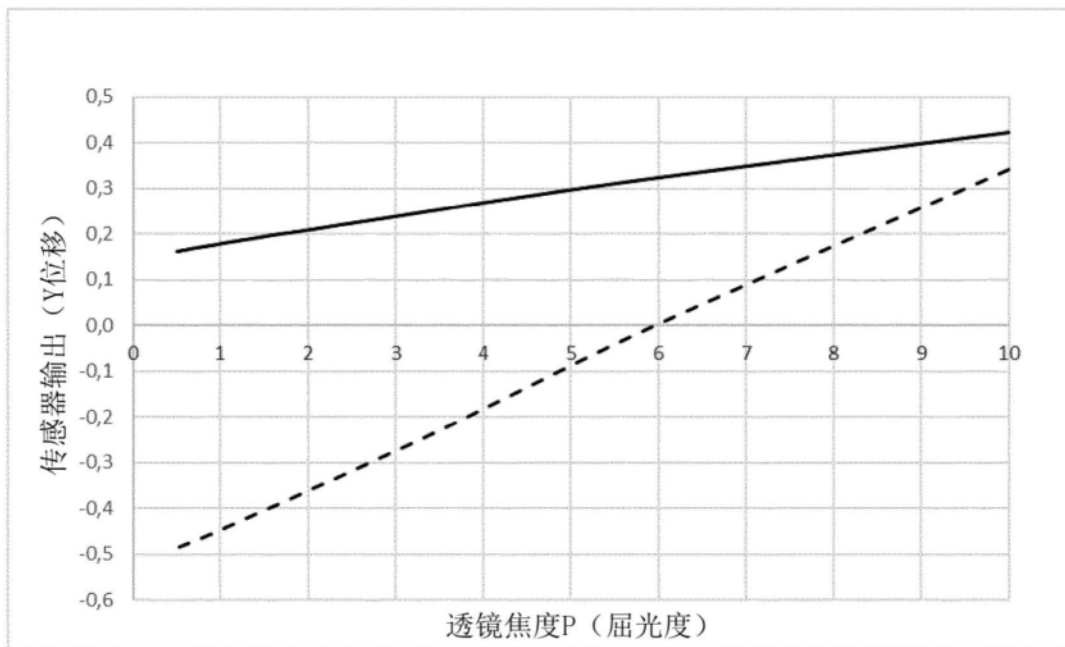


图10A

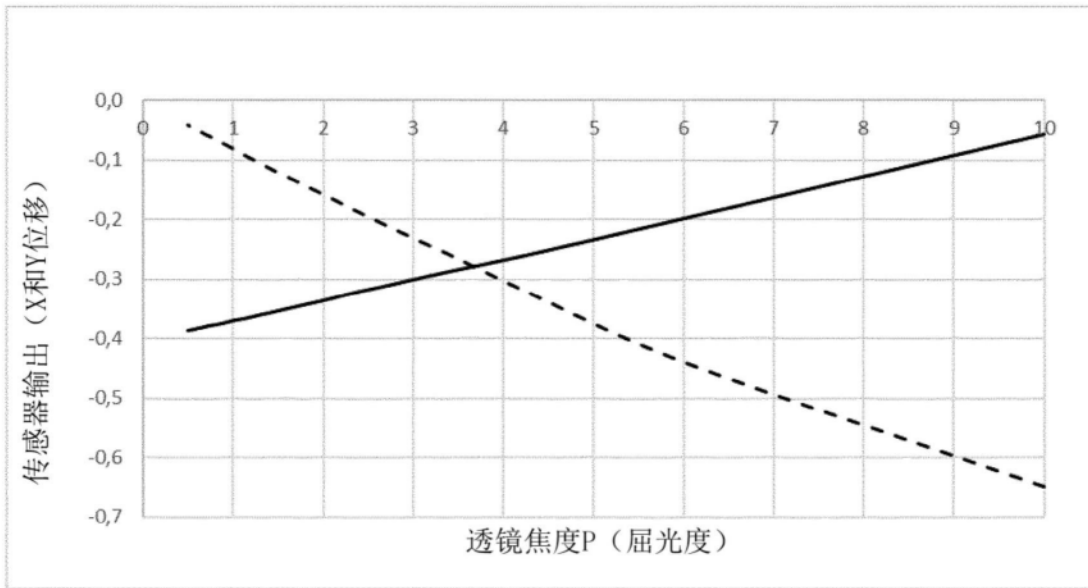


图10B

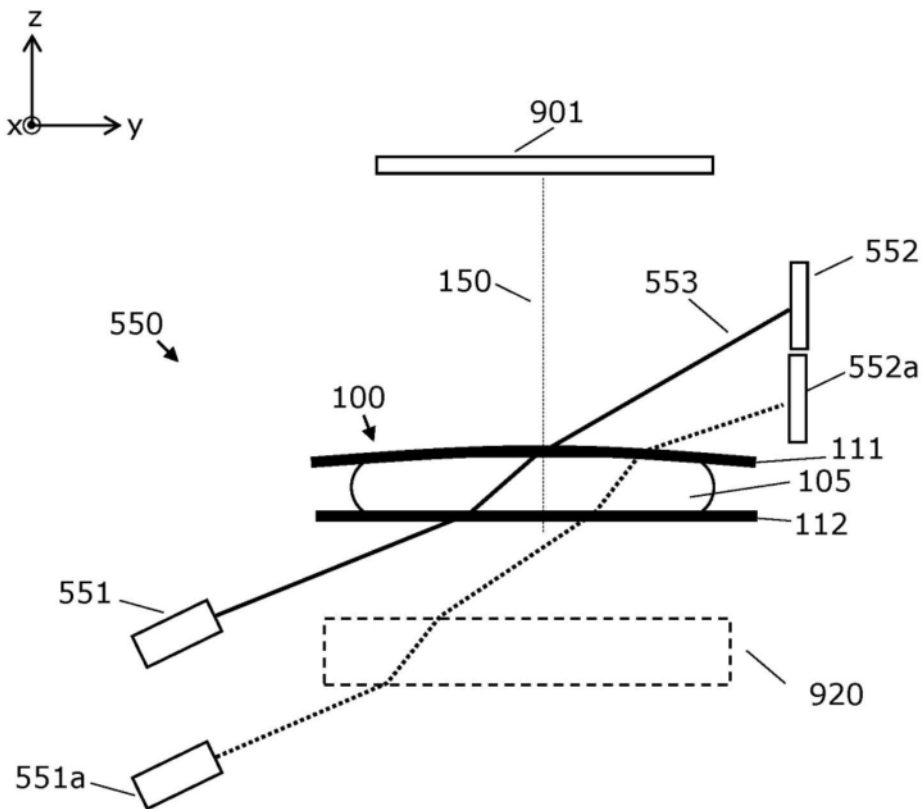


图11A

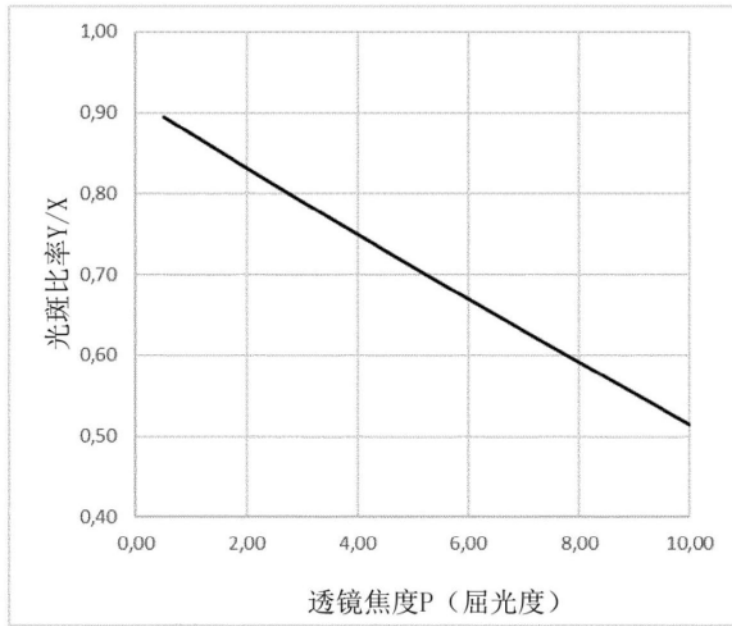


图11B

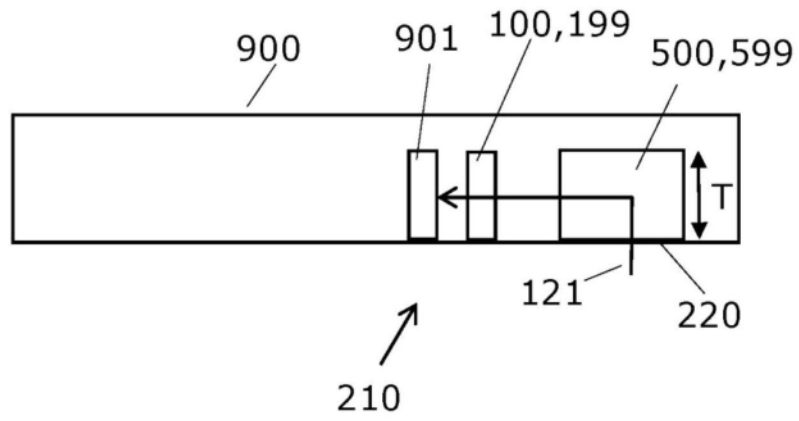


图12