



(45) 授权公告日 2022.03.15

Spectra》.2014,第48卷(第1期),第66页.

权利要求书1页 说明书8页 附图3页

1. 一种用于凭借设备(2)来检测包括至少一个透镜(6)或透镜组的光学系统(4)的成像品质的方法,其中,所述设备(2)包括:

MTF测量装置(10),其用于在所述光学系统(4)的像场中的多个位置处测量调制传递函数,其中,所述MTF测量装置构造为能进行多个离轴MTF测量;以及

在轴设置的对中测量装置(18),用于测量所述光学系统(4)的对中状态,所述对中测量装置(18)包括自动准直仪(20),并构造为能通过反射来测量光学系统(4)的至少一个光学表面的曲率中心,

所述方法包括:

通过所述对中测量装置(18)来确定所述光学系统(4)的对中状态,

根据所述对中状态的数据来使所述光学系统(4)对中,然后

通过所述MTF测量装置(10)而在所述光学系统(4)的视野中的多个位置处来进行所述光学系统(4)的调制传递函数,

其中,在对中过程之后,(i) 通过MTF测量装置(10)来确定所述光学系统(4)的调制传递函数,(ii) 然后略微地改变光学元件的位置,然后再次通过MTF测量装置(10)来确定所述光学系统(4)的调制传递函数,其中,重复地进行步骤(i)和步骤(ii),直到所述调制传递函数具有局部最大值。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在第一步中,通过所述对中测量装置(18)来测量所述光学系统(4)的第一光学元件(36)的第一对中状态,然后通过所述对中测量装置(18)来测量所述光学系统(4)的第二光学元件(40)的第二对中状态,然后根据所述第一对中状态的数据和/或所述第二对中状态的数据来使所述第一光学元件(36)和所述第二光学元件(40)相对于彼此对中。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,通过所述对中测量装置(18)来测量所述光学系统(4)的第一光学元件(36)的第一光学表面(34)的第一曲率中心,并根据所述第一对中状态的数据来使所述第一光学元件(36)对中。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,通过所述对中测量装置(18)来测量所述光学系统(4)的第二光学元件(40)的第二光学表面(42)的第二曲率中心。

5. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,在检测所述第一光学元件(36)的对中状态之后将所述第二光学元件(40)添加到所述光学系统(4)中。

6. 根据权利要求1到5中任一项所述的方法,其特征在于,根据通过所述MTF测量装置(10)在所述光学系统(4)的多个位置处所确定的调制传递函数的数据来确定所述光学系统(4)的图像平面(B)的倾斜,其中根据所述光学系统(4)的图像平面(B)的倾斜的数据来使所述光学系统(4)对齐,使得所述图像平面(B)至少基本上垂直于对中轴线(A)定向,并且其中再次通过所述对中测量装置(18)来测量所述光学系统(4)的至少一个对中状态,并根据该数据来使所述光学系统(4)对中。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在(ii)中随机地改变光学元件的位置。

用于检测调制传递函数以及使光学系统对中的设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于检测具有至少一个透镜或透镜组的光学系统的成像品质的设备。另外,本发明还涉及一种用于凭借上述设备来检测具有至少一个透镜或透镜组的光学系统的成像品质的方法。

现有技术

[0002] 在制造高品质的多透镜光学系统时,各个透镜应非常精确地相对于彼此对齐。另外,例如在US 2016/0334600 A1中所描述的相机组件的制造中,必须使光学元件相对于彼此并参照图像传感器正确地对齐和对中。

[0003] 为了实现光学系统中的透镜的正确对齐,必须要通过测量来建立光学表面的位置。在本文中,光学表面的曲率中心的位置是一个重要的参数。在理想的情况下,在多透镜系统中,各个光学表面的曲率中心精确地定位在共同的参考轴线上,该参考轴线与容纳透镜的透镜固定座的对称轴线相一致。然而在实际的光学系统中,这种情况因制造和安装公差而不能实现。曲率中心在统计学上分布在参考轴线的周围。如果曲率中心和参考中心之间的距离过大,那么光学系统的光学特性就会非预期地降低。

[0004] 通过DE 10 2014 001 151 A1可以得知一种用于测量多透镜光学系统的光学表面的曲率中心的位置的方法。通过光学角度测量装置,可在一个测量点处检测到光学表面的表面法线与旋转轴线之间的角度或偏移量。然后,该角度测量装置围绕该旋转轴线旋转,并重复进行角度测量。

[0005] 然而,光学系统的对中仅仅是表征光学系统的品质的一个特征。尤其是对于批量生产而言,所期望的系统为可通过其来检查或检测透镜或透镜组的对中,并还可表征光学系统的成像性能。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提出一种用于检测光学系统的成像品质的设备,以及相对于现有技术有所改进的一种用于检测光学系统的成像品质的方法。

[0007] 该目的可通过用于检测具有至少一个透镜或透镜组的光学系统的成像品质的设备来实现,其中,该设备还设置有MTF测量装置,以用于在光学系统的视野中的多个位置处测量调制传递函数,其中,该MTF测量装置构造为能进行多个离轴MTF测量,该设备还设置有在轴设置的对中测量装置,以用于测量光学系统的对中状态。

[0008] 例如,透镜组可以是一起形成了光学系统(例如,物镜)的多个独立的透镜。类似地,透镜组可以是包含多个透镜的透镜,例如消色差透镜。

[0009] 有利的是,光学系统的成像性能和对中可通过根据本发明的设备来测量,特别地可通过一个或多个来同时地测量,更特别地同时地进行MTF测量。特别地,这允许根据基于对中测量装置的测量结果的粗调来进行后续的精调,以优化成像性能。另外,MTF测量装置和对中测量装置的结合特别适于批量生产,这是因为可以快速且有效地检测光学系统的多

个参数。

[0010] 在光学系统的视野中的多个位置处的MTF测量例如可通过对MTF分析的环境中的在空间上延伸的检测图样进行评价来进行。

[0011] 根据一个实施方案,该设备有利地还具有对中装置,以用于主动式地使至少一个透镜或透镜组对中。

[0012] 在本说明书中,“离轴”应理解为相关单元设置在光学系统的视野内但未设置在光学系统的对称轴线或对中轴线上的布置。“在轴”应理解为相关单元设置在光学系统的视野内并至少大体上设置在光学系统的对称轴线或对中轴线上的布置。

[0013] MTF测量装置和对中测量装置例如可设置在共同的圆顶上。

[0014] 在离轴设置的MTF测量装置的帮助下,可在光学系统的视野内的许多位置处进行MTF测量。MTF测量装置可容易地进行离轴设置。然而,对中测量装置有利地设置为在轴的。通过离轴设置的MTF测量装置和在轴设置的对中测量装置的结合,可实现特别紧凑的设备。

[0015] 另外,用于检测光学系统的成像品质的设备有利地还可如下设置,即:对中测量装置包括自动准直仪,并构造为能通过反射来测量光学系统的至少一个光学表面的曲率中心。

[0016] 通过使用光学系统的至少一个光学元件(例如,透镜)的光学表面的曲率中心的位置,可推导出光学系统的对中状态。关于这一点的其他细节例如可在由同一申请人提出的DE 10 2014 001 151 A1中得到。

[0017] 另外,这种设备还可具有以下特征a)至f)中的至少一个:

[0018] a) 该设备还可包括旋转座,光学系统可通过该旋转座而围绕对中轴线旋转。

[0019] b) 自动准直仪设计为可旋转的。例如,该自动准直仪可设置在底座中,从而自动准直仪整体可围绕对称轴线旋转。

[0020] 根据本申请,有利的是,可选择性地旋转式容纳光学系统,或将自动准直仪设计为可旋转的。

[0021] c) 自动准直仪包括聚焦光学系统,可通过其而使焦点移动。

[0022] 作为旋转轴线的替代,光学轴线还可用作替代参照物,可沿其来实现聚焦。在这种情况下,不在检测器上评价范围;相反,要比较绝对位置。聚焦例如可通过沿线性轴线移动来实现。

[0023] d) 自动准直仪包括聚焦光学系统,其中,该聚焦光学系统或其一部分可围绕对中轴线旋转。

[0024] 与自动准直仪整体进行旋转相比,自动准直仪的聚焦光学系统的旋转实现了简化。

[0025] e) 反相反射棱镜(特别地为道威棱镜)设置在自动准直仪与光学系统之间的光路中,其中,该棱镜可围绕对中轴线旋转。

[0026] 作为自动准直仪整体旋转或自动准直仪的聚焦光学系统旋转的替代或附加,可设置反相反射棱镜。所需的测量的最佳结合可根据应用来确定。

[0027] f) 自动准直仪构造为能同时地测量光学系统的多个光学表面的曲率中心。

[0028] 通过同时检测成像光学系统的两个或更多个光学表面的多个曲率中心,尤其是可以实现快速测量。关于这一点的其他技术细节例如可由同一申请人所提出的EP 3 037 800

A1中得知。

[0029] 上述特征a)至f)均可独自实现。特征a)至f)中所提到的技术测量还可彼此结合。

[0030] 上述实施方案均涉及光学系统借由通过反射来测量来实现对中的特征。

[0031] 根据其他有利的实施方案,该设备还构造为能通过透射来实现对中测量装置。

[0032] 例如,该设备还具有以下特征,即:图像传感器设置在光学系统的图像平面内,其中,包含有处理单元,其构造为能读取图像处理器,其中,MTF测量装置包括至少一个分划板,在各个分划板上设置有检测图样,其中,光学系统使该至少一个检测图样成像在图像传感器上,并且处理单元构造为能通过光学系统的图像传感器来评价相应的图像数据,以确定调制传递函数。

[0033] 例如,图像传感器为光学系统的一部分。另外,光学系统例如还可以是相机模块。

[0034] 这种设备特别地适于相机模块的批量测试。有利的是,用于表征光学品质的MTF测量以及对中测量例如可同时地进行。如果适用的话,可进行光学系统的另外的调节/对中,以根据对中测量的测量值来提高/优化其图像品质。

[0035] 根据另一有利的实施方案,该设备还具有以下特征,即:设置有检测图样的分划板设置在光学系统的图像平面内。光学系统使该检测图样成像。MTF测量装置构造为能评价检测图样的图像,以测量光学系统的调至传递函数。

[0036] 有利的是,检测图样可用于MTF测量和对中测量。这能简化该设备的设计。

[0037] 用于检测光学系统的成像品质的设备例如还具备以下特征,即:分划板包括针孔光圈,其能在光学系统的图像平面内形成点光源。为此,例如可将相应的照明器设置在分划板或针孔光圈之后。为此,针孔光圈例如具有切口,光学系统用于在该切口处聚焦,以形成所需的点光源。还可以将针孔光圈选择得相应地小,从而均匀照明还可在分划板的平面内形成所需的点光源。对中测量装置包括波前传感器,其构造为能检测来自于光学系统的点光源的图像的波前。

[0038] 波前传感器例如为Shack-Hartmann传感器。

[0039] 根据另一实施方案,对中测量装置包括图像传感器,光学系统使检测图像直接成像在图像传感器上,且该对中测量装置构造为能通过检测图样的图像的位置来评价光学系统的对中状态,特别地为光学表面的曲率中心。

[0040] 特别地,图像传感器可以设置有具有长焦距的物镜(望远物镜),由此可进行对中测量。在这种情况下,物镜的长焦距可用作为用于对中测量的杠杆,其中可将光学系统调节为聚焦至无穷远。

[0041] 特别地,该实施方案还具有以下特征,即:包含另外的旋转座,其构造为能使光学系统围绕对中轴线旋转。

[0042] 在分划板设置有用用于MTF测量的检测图样以及用于对中测量的点光源的实施方案中,特别地,分划板上的检测图样和分划板中的针孔光圈可选择性地通过不同的光源来照明,这些光源可设计为顺序地开关。这例如允许在没有干扰的情况下来测量波前。

[0043] 根据另一实施方案,图像传感器或分划板沿着光学系统的光学轴线移动式设置。例如,由于该检测器可沿着光学轴线移动,因此用于对中测量的杠杆可放大或缩小。还可以在检测器上形成焦点。

[0044] 根据另一实施方案,该设备还具备以下特征,即:对中测量装置构造为能在第一步

中测量光学系统的第一光学元件的第一对中状态,特别地为第一光学表面的第一曲率中心,选择性地根据第一对中状态的数据来使第一光学元件主动式地对中,并且其中,该对中测量装置还构造为能测量光学系统的第二光学元件的第二对中状态,特别地为第二光学表面的第二曲率中心,然后根据第一对中状态的数据和/或第二对中状态的数据来使第一光学元件和第二光学元件主动式地彼此对中,另外,特别地还设置有助于第二光学元件的机械式供给器,通过其可在检测第一光学元件的对中状态之后将第二光学元件添加到光学系统上。

[0045] 这种设备特别地适于自动进行多透镜光学系统的对中。

[0046] 另外,该目的还可通过用于凭借根据一个或多个上述实施方案的设备来检测包含至少一个透镜或透镜组的光学系统的成像品质的方法。该方法还具备以下特征,即:

[0047] 通过对中测量装置来确定光学系统的对中状态,

[0048] 根据对中状态的数据来使光学系统对中,然后

[0049] 通过MTF测量装置而在光学系统的视野中的多个位置处来确定光学系统的调制传递函数。

[0050] 通过这种方法,可以根据对中测量的结果来提高/优化光学系统的光学成像品质。例如,在品质保证的情况下,随后进行MTF测量例如可量化光学系统的成像品质。

[0051] 另外,与用于检测光学系统的成像品质的设备相关联的相同或相似的优势也适用于上述方法;因此省略了重复的内容。

[0052] 根据一个有利的实施方案,该方法还具备以下特征,即:在第一步中,通过对中测量装置来测量光学系统的第一光学元件的第一对中状态,特别地为第一光学表面的第一曲率中心,选择性地根据该第一对中状态的数据来使第一光学元件对中,然后通过对中测量装置来测量光学系统的第二光学元件的第二对中状态,特别地为第二光学表面的第二曲率中心,然后根据第一对中状态的数据和/或第二对中状态的数据来使第一光学元件和第二光学元件相对于彼此对中。

[0053] 选择性地,可在检测第一光学元件的对中状态之后将第二光学元件添加到光学系统中。

[0054] 因此,并不必须要相对于测量系统的对中轴线来进行对中,而是使透镜相对于彼此对中。

[0055] 例如,可通过确定光学系统的至少一个光学元件的至少一个光学表面的曲率中心来检测对中状态。在这种情况下,相对于对中轴线的曲率中心的偏移能量化对中的品质。

[0056] 在这种方法的帮助下,例如可以制造品质非常高的光学系统,这是因为能在制造过程期间检查和优化其对中。

[0057] 根据本发明的另一有利的改进,能根据通过MTF测量装置在光学系统的多个位置处所确定的调制传递函数的数据来确定光学系统的图像平面的倾斜,其中,根据光学系统的图像平面的倾斜的数据来使光学系统对齐,以使得图像平面至少基本上垂直于对中轴线定向,并且其中,再次通过对中测量装置来测量光学系统的至少一个光学表面的至少一个曲率中心,并根据该数据来使光学系统对中。

[0058] 也就是说,MTF测量可用于迭代方法,以便确定图像平面的倾斜。光学系统倾斜,以获得水平的图像平面,然后重复进行对中过程。

[0059] 根据另一有利的实施方案,该方法还具备以下特征,即:(i)通过MTF测量装置来确定光学系统的调制传递函数,(ii)然后,略微改变光学元件的位置,特别地为随机地改变,然后再次通过MTF测量装置来确定光学系统的调制传递函数,其中重复进行步骤(i)和步骤(ii),直到调制传递函数具有局部最大值。

[0060] 也就是说,略微地改变光学系统的透镜位置,以便找到能获得最佳的MTF结果的位置。

[0061] 本发明的其他特征可通过根据本发明的实施方案的描述以及权利要求书和附图而变得更加明显。根据本发明的实施方案可满足各个特征或多个特征的结合。

附图说明

[0062] 在下文中,根据参照附图的示例性实施方案而对本发明进行了描述,而并不限制本发明的大体思想,其中,所明确提出的附图涉及未在文中进行更加详细地说明的根据本发明的所有细节。在下文中:

[0063] 图1通过示意性的简化侧视图而显示了一种用于检测光学系统的成像品质的设备,

[0064] 图2显示了另一种用于检测光学系统的成像品质的设备,其包括图像传感器,且

[0065] 图3a和图3b显示了一种用于检测包括透镜组的光学系统的成像品质的方法的各个示例性方法步骤,其中进行了透镜组中的透镜的对中。

[0066] 在附图中,相同或相似类型的元件和/或部件具有相同的附图标记,从而避免了重复引入。

具体实施方式

[0067] 图1显示了用于检测光学系统4的成像品质的设备2的示意性简化的侧视图。例如,设备2构造为能检测和/或优化多个光学系统4的成像质量,为了清楚显示,仅其中几个光学系统具有附图标记。另外,光学系统4例如仅包括一个光学元件,即,透镜6。图1中所显示的设备2例如仅设置为用于光学系统4的批量检测。为此,将光学系统4(例如,相机物镜)设置在输送器8上,该输送器可如箭头所示在平面上移动。因此,可一个接一个地对各个光学系统4进行连续检查。

[0068] 设备2包括MTF测量装置10,其例如包括离轴设置的两个测量装置10a和10b。MTF测量装置10构造为能在光学系统4的视野中的多个位置处检测调制传递函数。在光学系统4的视野中的不同位置处的调制传递函数的测量因各个MTF测量装置10a、10b的离轴设置而可行。另外,将延伸的检测图样用作为检测图样12,例如十字的描绘布置。这也会导致能在光学系统4的视野中的多个不同的位置处检测到调制传递函数。检测图样12位于分划板14上;其例如可蚀刻在分划板上。分划板14可由光源16(例如,灯)来照明。分划板14设置在光学系统4的图像平面B中。由此,通过附图标记24而标示出的距离为光学系统4的后焦距。MTF测量装置10构造为能进行多个离轴MTF测量。

[0069] 设备2还包括对中测量装置18,其例如为在轴设置。这意味着对中测量装置18至少近似地设置在轴线A上,该轴线A对应于光学系统4的所期望的对中轴线。为了更好的视觉效果,通过示例和高度放大来显示了各个光学系统4的不同对中状态。显然,它们的光学轴线

还未与所预期的对中轴线A相对应。对中测量装置18用于测量光学系统4的对中状态。

[0070] 在设备2的帮助下,可有利地记录用于表征光学系统4的成像品质的调制传递函数,并且还可识别光学系统4的对中状态。由此,可通过两个测量方法和被测量来表征光学系统4的成像品质,该被测量例如可优选地同时检测或一个接一个地检测。为此,如图1所示,设备2特别适用于光学系统4的批量检测。

[0071] 经常要进行这种批量检测的光学系统4例如为相机模块;因此,光学系统4例如为相机模块。

[0072] 两个MTF测量装置10a、10b和对中测量装置18例如可设置在共同的圆顶上,该圆顶并未在图1中显示出。通过这种设置可实现特别紧凑的设备2。

[0073] 图1显示了一种用于检测光学系统4的成像品质的设备2,其中在光学系统4的图像平面B中设置有分划板14。在该分划板14上设置有检测图样12。检测图样12包含作为例子而显示出的十字。另外,分划板14还包括针孔光圈30。分划板14由光源16来照明,由此,针孔光圈30在图像平面B内形成点光源。光学系统4例如使点光源成像至无限远,其中,可通过波前传感器32(例如,Shack-Hartman传感器)来检测所出现的波前。波前传感器用于检测由光学系统4所形成的点光源的成像的波前,该点光源通过针孔光圈30而形成在图像平面B中。

[0074] 作为替代,特别地,对中测量装置18包括图像传感器(未显示),光学系统4使检测图样12直接成像在该图像传感器上。在本文中,设备2例如还包括另外的旋转座,其构造为能使光学系统4围绕对中轴线A旋转。

[0075] 另外,根据另一示例性实施方案,图像传感器和/或分划板14沿着光学系统4的光学轴线A移动式设置。可为此而设置适当的移动式底座。

[0076] 图1所示的用于检测光学系统4的成像品质的设备2通过透射光而起作用。类似地,对中测量装置18构造为通过反射而起作用。为了表征光学系统4的对中状态,例如可测量光学系统4的光学表面的曲率中心。例如,可确定透镜6的朝向对中测量装置18的一侧的曲率中心。该曲率中心相对于对中轴线A的偏差显示了光学系统4的对中状态的值。

[0077] 通过这种设备2,例如,整个对中测量装置18可围绕对中轴线A旋转。为此,对中测量装置18设置在旋转座中。类似地,这种对中测量装置18包括自动准直仪20,其中,该自动准直仪20设计为可旋转的。自动准直仪20例如可整体地围绕对中轴线A旋转。另外,自动准直仪20可包括聚焦光学系统22,该聚焦光学系统22或其一部分可围绕所预期的对中轴线A旋转。

[0078] 图2显示了另一种用于检测光学系统4的成像品质的设备2,该光学系统4例如包括透镜6。光学系统4包括图像传感器26,例如,该光学系统4为相机模块。图像传感器26设置在光学系统4的图像平面B中。另外,设备2还包括处理单元28(例如,计算机等),其构造为能读取图像传感器26。例如包含两个MTF测量装置10a和10b的MTF测量装置10包括至少一个分划板14。MTF测量装置10a包括分划板14a,MTF测量装置10b包括另一分划板14b,在各个分划板上设置有检测图样12。位于分划板14a、14b上的检测图样12均由适当的光源16a、16b来照亮,并通过透镜6而成像在光学系统4的图像传感器26上。处理单元28构造为能通过借由图像传感器26所检测的来自于分划板14a、14b的图像的图像数据来计算位于透镜6的视野中的不同位置处的透镜6的调制传递函数。

[0079] 另外,将反相反射棱镜(例如,道威棱镜)设置在图2所示的位于自动准直仪20与光

学系统4之间的光路中。该棱镜例如可围绕对中轴线A旋转。另外,例如,自动准直仪20构造为能同时地确定光学系统4的多个光学表面的多个曲率中心。这对于由多个光学元件(例如,多个透镜6)来制成的光学系统4来说是有利的。通过这种设备2,依次设置有多个自动准直仪,其中,它们的光路例如可通过相应的光束分路器而彼此耦合。

[0080] 另外,根据一个或多个前述示例性实施方案的设备2还可用于检测光学系统4的成像品质的方法。通过这种方法,可在对中测量装置18的帮助下确定光学系统4的对中状态。根据光学系统4的对中状态的数据,可使光学系统4对中。例如,可确定光学系统4的至少一个光学元件(例如,透镜6)的至少一个光学表面的曲率中心的位置的数据。通过使用曲率中心相对于对中轴线A的偏差,可推断出光学系统4的对中状态。由此,可在MTF测量装置10的帮助下,在光学系统4的视野中的多个位置处得到光学系统4的调制传递函数。

[0081] 图3a和图3b例如显示了这种方法的两个相应的方法步骤。光学系统4例如包括第一光学元件36和第二光学元件40。光学元件36、40例如为第一透镜6a和第二透镜6b。第一光学元件36包括第一光学表面34;第二光学元件40包括第二光学表面42。例如,下面将参照附图对两个透镜6a、6b相对于彼此的对中来进行说明。

[0082] 在第一步中,在对中测量装置18的帮助下来检测第一光学元件36的第一对中状态。例如,这可通过第一光学表面34的第一曲率中心的位置来表征。第一光学元件36的光学轴线38的位置例如可通过该曲率中心的位置而推断出。根据该数据(例如,光学轴线38相对于对中轴线A的偏差)可如图3a的双箭头所示地来进行第一光学元件36的对中。由此能进行参照对中轴线A的对中。

[0083] 然后,可通过对中测量装置18来确定第二光学元件40的第二对中状态。然后,例如可通过第二光学表面42的曲率中心的位置来推断出第二光学元件40的对中状态。根据该第二曲率中心相对于对中轴线A的偏差,可如图3b中的双箭头所示地来进行第一光学元件36和第二光学元件40相对于彼此的对中。

[0084] 根据另一示例性实施方案,可根据由MTF测量装置10确定的在光学系统4的多个位置处的调制传递函数的数据来推断出光学系统4的图像平面B的倾斜。根据光学系统4的图像平面B的倾斜的数据,可使光学系统4的光学元件(例如,其透镜6a、6b)对齐,从而图像平面B至少基本上垂直于对中轴线A定向。然后,例如可通过对中测量装置18再次测量至少一个光学元件的至少一个对中状态,并根据该数据使光学系统4对中。

[0085] 根据另一示例性实施方案,在第一步中的对中过程之后,通过MTF测量装置10来确定光学系统4的调制传递函数。然后,在第二步中,略微地改变(特别地为随机地改变)光学元件的位置(例如,透镜6a、6b的位置)。然后,再次通过MTF测量装置10来确定光学系统4的调制传递函数。迭代地重复第一步和第二步,直到调制传递函数具有局部最大值;由此来优化光学系统4的光学成像性能。

[0086] 所有提出的特征(包括仅从图中得到的特征以及与其他特征结合提出的各个特征)均可视为对于本发明所需而言是独立的和可结合的。根据本发明的实施方案可通过各个特征或多个特征的结合来实现。在本发明的说明书中,以“特别地”或“优选”来指出的特征应理解为任选的特征。

[0087] 附图标记列表

[0088] 2

设备

[0089]	4	光学系统
[0090]	6	透镜
[0091]	8	供给器
[0092]	10、10a、10b	MTF测量装置
[0093]	12	检测图样
[0094]	14、14a、14b	分划板
[0095]	16、16a、16b	光源
[0096]	18	对中测量装置
[0097]	20	自动准直仪
[0098]	22	聚焦光学系统
[0099]	24	图像距离
[0100]	26	图像传感器
[0101]	28	处理单元
[0102]	30	针孔光圈
[0103]	32	波前传感器
[0104]	34	第一光学表面
[0105]	36	第一光学元件
[0106]	38	第一光学轴线
[0107]	40	第二光学元件
[0108]	42	第二光学表面
[0109]	A	对中轴线
[0110]	B	图像平面

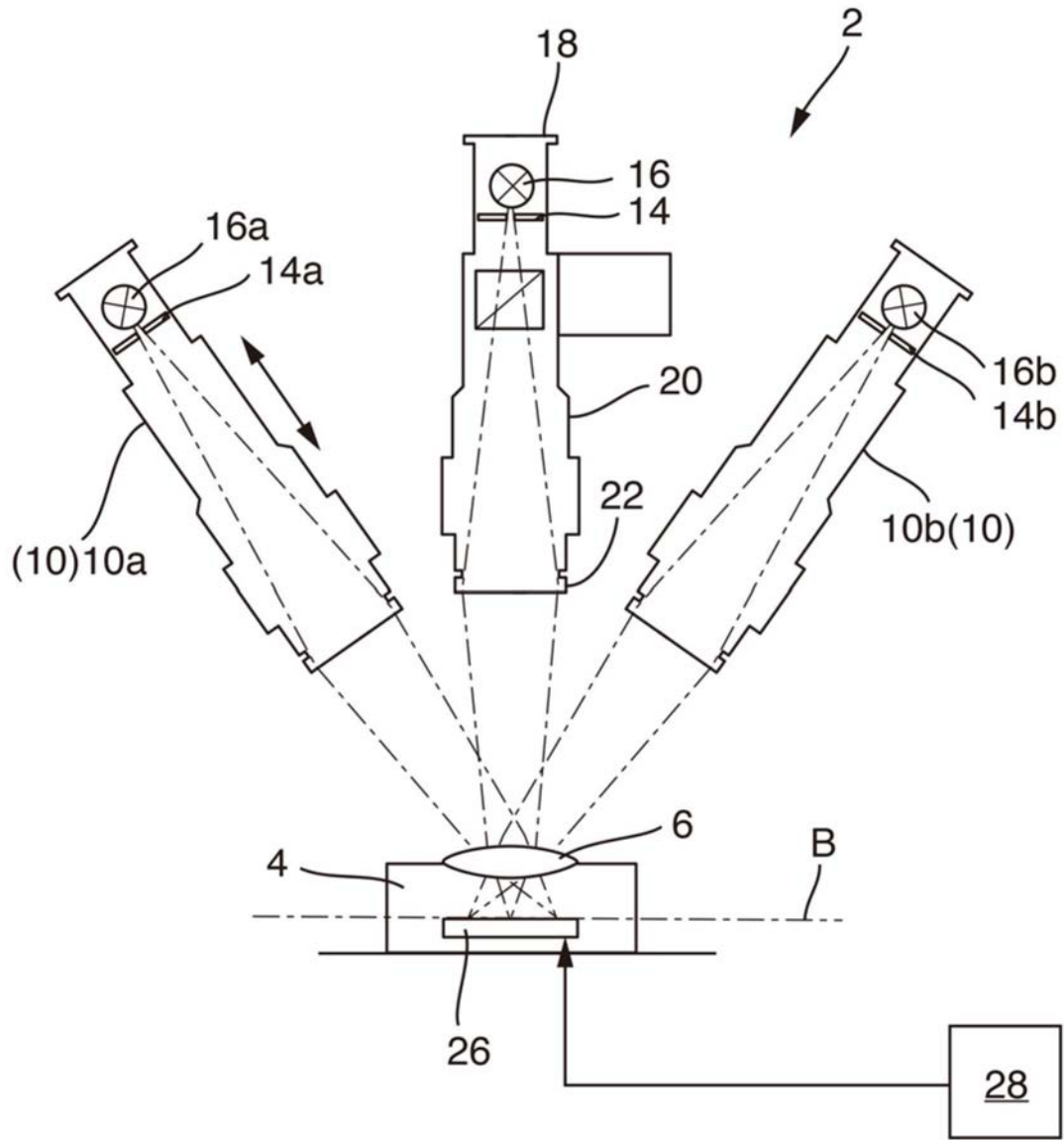


图2

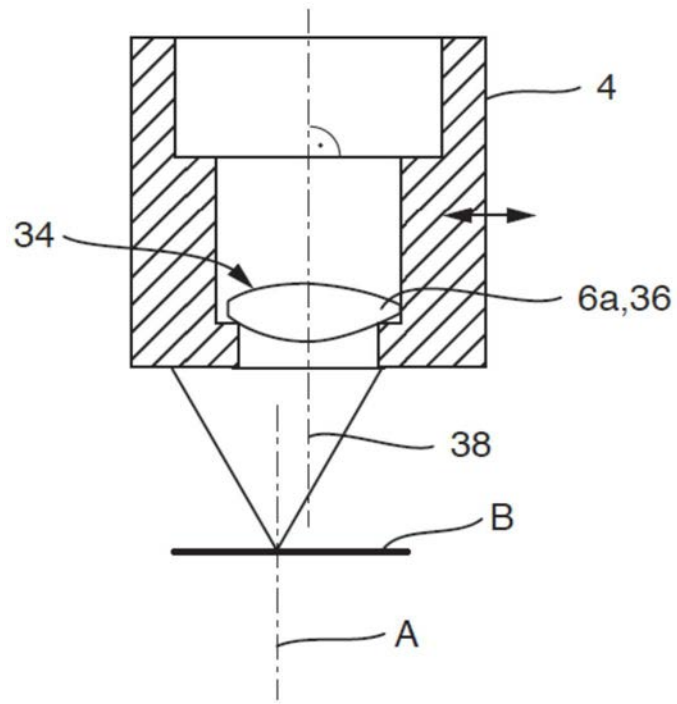


图3a

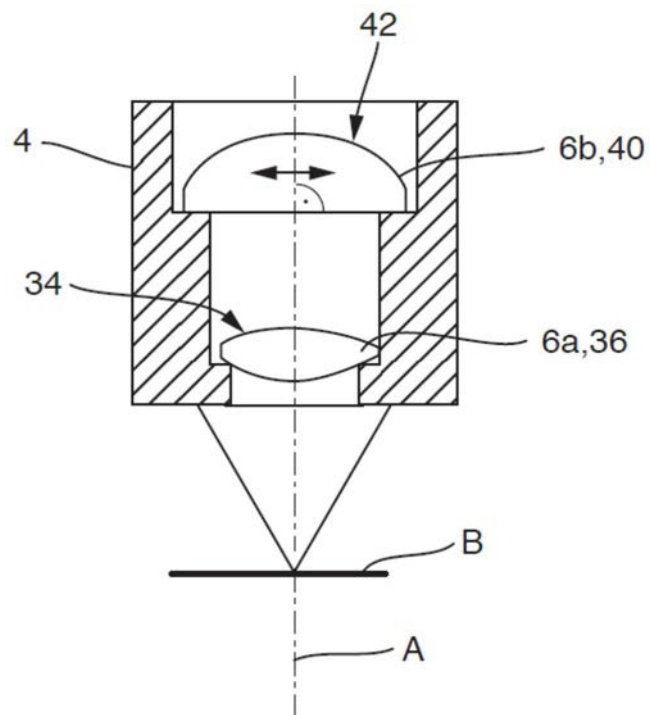


图3b