



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 105388605 B

(45) 授权公告日 2020.11.03

(21) 申请号 201510523662.1

(22) 申请日 2015.08.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105388605 A

(43) 申请公布日 2016.03.09

(30) 优先权数据
102014112199.6 2014.08.26 DE

(73) 专利权人 卡尔蔡司显微镜有限责任公司
地址 德国耶拿

(72) 发明人 托马斯·诺比斯
约尔克·佩特舒拉特
沃尔夫冈·辛格尔

(74) 专利代理机构 北京市创世宏景专利商标代
理有限责任公司 11493
代理人 崔永华

(51) Int.Cl.

G02B 21/04 (2006.01)

G02B 21/02 (2006.01)

G02B 21/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 7952800 B2, 2011.05.31

US 2007/0109637 A1, 2007.05.17

US 7764433 B2, 2010.07.27

US 5808791 A, 1998.09.15

US 5959772 A, 1999.09.28

US 2011/0149241 A1, 2011.06.23

CN 101849205 A, 2010.09.29

审查员 杜乃锋

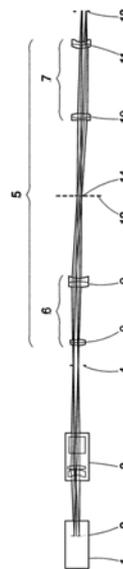
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

显微成像系统

(57) 摘要

本发明涉及一种用于对试样进行宽场显微成像的显微成像系统。这种显微成像系统包括：具有物镜的光路；关于试样布置在物镜后面的镜筒透镜系统；传输系统，其具有物镜侧的部件和像侧的部件。物镜侧的部件具有至少一个第一物镜侧的透镜组件和与所述第一物镜侧的透镜组件隔开间隔的第二物镜侧的透镜组件。像侧的部件还包括至少一个第一像侧的透镜组件和与所述第一像侧的透镜组件隔开间隔的第二像侧的透镜组件。传输系统将物镜的出瞳成像到物镜侧的部件与像侧的部件之间的光瞳平面中。同时，传输系统将试样的像从中间像平面成像到像平面中。成像系统还包括光学适配元件，所述光学适配元件布置在物镜侧的部件与像侧的部件之间的光瞳平面中。



1. 一种用于对试样进行宽场显微成像的显微成像系统,包括:
具有物镜(1)的光路;
关于试样布置在物镜(1)后面的镜筒透镜系统(3);
传输系统(5、15),具有物镜侧的部件(6)和像侧的部件(7),
其中,物镜侧的部件(6)具有至少一个第一物镜侧的透镜组件(8)和与所述第一物镜侧的透镜组件隔开间距的第二物镜侧的透镜组件(9),像侧的部件(7)具有至少一个第一像侧的透镜组件(10)和与所述第一像侧的透镜组件隔开间距的第二像侧的透镜组件(11),传输系统(5)以如下方式设计:将物镜(1)的出瞳(2)成像到物镜侧的部件(6)与像侧的部件(7)之间的光瞳平面(12)中且将试样的像从中间像平面(4)成像到像平面(13)中;以及
光学适配元件(14),其中,能够为所述光学适配元件压印出球形或抛物线形的曲率,从而所述光学适配元件能够用于移动焦点,并且所述光学适配元件布置在物镜侧的部件(6)与像侧的部件(7)之间的光瞳平面(12)中。
2. 根据权利要求1所述的显微成像系统,其特征在于,物镜侧的透镜组件(8、9)在镜筒透镜系统(3)和/或物镜(1)的、与物镜(1)的出瞳(2)成像到光瞳平面(12)中的过程相关的纵向和横向色像差方面,以至少修正达到预设的偏差标准的方式设计。
3. 根据权利要求1或2所述的显微成像系统,其特征在于,像侧的透镜组件(10、11)以将与试样从中间像平面(4)成像到相平面(13)的过程相关的纵向和横向色像差修正达到预设的偏差标准的方式设计。
4. 根据权利要求1或2所述的显微成像系统,其特征在于,物镜侧的和/或像侧的透镜组件(8、9、10、11)中的一个或多个构造为粘接透镜片。
5. 根据权利要求1或2所述的显微成像系统,其特征在于,传输系统(5)沿光路能移动地布置。
6. 根据权利要求5所述的显微成像系统,其特征在于,物镜侧的部件(6)和像侧的部件(7)能够彼此独立地或者彼此以预设的速比移动。
7. 根据权利要求1或2所述的显微成像系统,其特征在于,在光路中,相对于传输系统(5)在前面布置有第一望远式系统(16),在后面布置有第二望远式系统(17)。
8. 根据权利要求7所述的显微成像系统,其特征在于,望远式系统(16、17)构造为是能更换的。
9. 根据权利要求7所述的显微成像系统,其特征在于,望远式系统(16、17)为了调整可变的放大率而被构造为调焦望远式系统(18、19)。
10. 根据权利要求1所述的显微成像系统,其特征在于,传输系统(15)连同光学适配元件(14)一起以绕光轴旋转对称的方式构造,并且光轴关于镜筒透镜系统(3)、中间像平面(4)和像平面(13)非对中心地设置。
11. 根据权利要求10所述的显微成像系统,其特征在于,能够给光学适配元件(14)成形出球形的或抛物线形的曲率,传输系统(15)以对与之关联的像散现象加以修正的方式来设计。
12. 根据权利要求1或2所述的显微成像系统,其特征在于,传输系统(5、15)构造为调焦系统。
13. 根据权利要求12所述的显微成像系统,其特征在于,光学适配元件(14)构造为起反

射作用的元件,朝向光学适配元件(14)以及自光学适配元件引出的光路穿过调焦系统的相同的透镜。

14.根据权利要求1或2所述的显微成像系统,其特征在于,传输系统(5、15)能够作为模块引入光路中。

15.根据权利要求1或2所述的显微成像系统,其特征在于,光学适配元件(14)是膜反射镜或者是空间光调制器。

显微成像系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于对试样进行宽场显微成像的显微成像系统。这种成像系统包括：带物镜的光路和关于试样布置在物镜后面的镜筒透镜系统。成像系统还包括：具有物镜侧的部件和像侧的部件的传输系统。

背景技术

[0002] 为了在光路中与场无关地执行操作，必须将为此设计的操作元件（例如相移片）在光路中布置在与物镜光瞳共轭的平面中。因为在大多数物镜中出瞳的焦距是负的，即物镜的出瞳成虚像地处在物镜之内，所以在传统的一步或两步显微成像系统中在没有传输系统的情况下，物镜光瞳对试样进行宽场显微成像是行不通的。

[0003] 具有能够实现物镜外有针对性的光瞳操作的传输系统的显微成像系统例如由US 5,808,791介绍。其中给出的传输系统具有物镜侧和像侧的部件，其间布置有光瞳调制器（例如相移片或者用于对比度调制的元件），具体而言是布置在物镜光瞳被成像的平面中。在此，像侧的部件能够由两个透镜单元构造而成。光瞳调制元件是静置元件。

[0004] 在US 5,959,772中介绍了一种放大率可变的（也就是具有变焦功能的）光学传输系统。这种光学传输系统将中间像成像到像平面中，在像平面中可以定位有照相机。传输系统由5个透镜组件构成。第一透镜组件聚焦到中间像上并且因此使从中间像发出的光线准直。其他三个透镜组件共同形成可变的放大系统，两个靠外的透镜组件以能够沿着光轴移动的方式布置。最后，第四透镜组件将准直化的光路成像到像平面上。在这里未设置光瞳操作。

[0005] 在US 7,952,800中介绍了一种同样具有可变的放大率的光学传输系统。这里公开的传输系统将中间像放大地成像到像平面上，同时该系统以如下方式设计：使入瞳和出瞳的位置在变焦时仅以最小程度改变。这种光学传输系统由5个透镜组件构成，其中四个处在物镜侧，也就是在传输系统内部布置在物镜与光瞳平面之间，其中，这四个透镜组件中的三个相对于另一个透镜组件以及彼此之间能够移动，以便确保变焦功能。在像侧，也就是在光瞳平面与像平面或出瞳之间布置有由粘接透镜片（Kittglied）构成的第五透镜组件。

[0006] 此类传输系统相比于其在宽场显微成像中的应用情况通常仅在像场较小的情况下才能应用，此外，此类传输系统仅被设计用于很窄的光谱范围。

[0007] 此外，在过去的一些年中，适配元件，例如膜反射镜或空间光调制器（spatial light modulator, SLM）一直在技术上得到改进，从而使得适配元件在这时原则上也能够用于商用的宽场显微成像，并且在此针对特定的对比度方法用于修正光学像差以及用于快速聚焦，以便仅涉及一些示例。对此的示例在US 7,764,433中有所介绍。为了确保光学适配元件与场无关地起作用，将其安置在光瞳平面中并且例如能够用于与景深相关地对球形像差加以修正。光学适配元件为此被定位在与物镜平面共轭的平面中，在该平面中，每条光线的位置仅与光束以何种角度离开试样有关。为此目的，在US 7,764,433中介绍的构造同样具有如下的传输系统，其在这里分别仅具有物镜侧和像侧的透镜，在所述透镜之间存在光学

适配元件。在最简单的情形下,在此涉及的是所谓的4f系统,其中,传输长度等于传输系统的透镜的两个焦距的二倍。

[0008] 而凭借这种系统,不能实现针对很大的光谱范围兼容的色彩修正,也不能或仅能程度不足地修正与像场相关的色差。另外,这种系统并不设计用于反射光学适配元件的工作,在反射光学适配元件中,在适配元件上斜向的入射或出射可能产生其他像差。即使在使用了光学适配元件的情况下,当针对不同光色的光瞳位置仅对应一个最终的精度,或者光瞳尺寸得不到精确匹配地满足时,仍然出现与色差;场角越大,像差就越大,而场角在宽场显微成像中又是特别大的。

发明内容

[0009] 因此,本发明的目的在于,研发一种显微成像系统,其设计用于很大的视场并且确保在很宽的光谱范围内对光瞳成像进行消除色差的色彩修正。

[0010] 在实现上述目的的、根据开头所述类型的显微成像系统中,传输系统的物镜侧的部件还有像侧的部件分别包括至少两个透镜组件。确切来讲,物镜侧的部件包括至少一个第一物镜侧的透镜组件和与之隔开间距的第二物镜侧的透镜组件,像侧的部件包括至少一个第一像侧的透镜组件和与之隔开间距的第二像侧的透镜组件。在此,传输系统将物镜的出瞳成像到物镜侧的部件与像侧的部件之间的光瞳平面中,因此,光瞳平面相对于物镜的出瞳共轭。此外,传输系统将试样的像从中间平面成像到像平面。在像平面中,例如可以存在照相机或其他检测单元,也可以是目镜。显微成像系统还包括如下的光学适配元件,其处在物镜侧的部件与像侧的部件之间的光瞳平面中。这种适配元件例如可以是指膜反射镜或空间光调制器。

[0011] 通过应用四个透镜组件(光瞳平面中的光学适配元件的每个侧面上两个),能够一方面确保沿纵向(轴向)以及横向(侧向)至少得到消色差修正的光瞳成像,以及中间像在照相机输出端上同样沿纵向以及横向至少得到消色差修正的物镜成像。通过在物镜侧以及像侧使用多个透镜组件并且将至少一个折射率为正的透镜和折射率为负的透镜分别在一个或多个透镜组件中加以组合,能够实现上述修正。

[0012] 为了在此使入射角最小化,必须使一方面的第二物镜侧的透镜组件与光学适配元件之间以及另一方面的光学适配元件与第一像侧的透镜组件之间的间距尽可能大,该间距典型地处在50mm与200mm之间的范围内。中间像与第一物镜侧的透镜组件之间的间距处在-100mm与100mm之间,也就是透镜组件可以定位在中间像之前或者中间像之后。第二像侧的透镜组件与像平面(大多等于照相机平面)之间的间距处在20mm与100mm之间。通过中间像平面与第一物镜侧的透镜组件之间的间距足够负向地例如选定在-50mm的范围内,以及第二物镜侧的透镜组件与光学适配元件之间的间距选定在100mm左右的范围内,能够使传输长度相比于仅由一个物镜侧的透镜和一个像侧的透镜构成的最简单的解决方案降低了约20%至50%,这实现了将传输系统例如作为模块引入光路中以及还将其从光路中再次移开。

[0013] 在本发明的优选构造方案中,物镜侧的透镜组件在镜筒透镜系统和/或物镜的与物镜的出瞳到光瞳平面中的成像相关的纵向和横向色像差方面,以至少修正至预设的偏差标准(Fehlersignatur)的方式、优选以得到补偿的方式来设计。

[0014] 附加地或者可替换地,像侧的透镜组件在与试样从中间像平面到像平面中的成像相关的纵向和横向色像差方面,以至至少修正至预设的偏差标准的方式、优选以得到补偿的方式来设计。

[0015] 上述修正得以实现,这是因为:传输系统的物镜侧的部件和像侧的部件分别包括由多个(至少两个)透镜构成的透镜组件,而不仅仅是多个单透镜。当将具有正折射率的透镜与具有负折射率的透镜组合起来时,则根据各玻璃的选择在最终效果方面获得了具有可任意控制的阿贝数的假定的媒介。如果没有完全实现补偿的话,则补偿至少以达到预设的偏差标准的程度来实现,也就是达到对应符合一质量等级的物镜级别的一定的色彩偏差标准。

[0016] 通过在物镜侧的部件还有像侧的部件中应用多个透镜组件,能够一方面针对光瞳成像以及另一方面针对物镜成像分开地对纵向和横向色像差进行处理,从而使偏差能够分别针对光瞳成像以及物镜成像完全得到修正,但其中,所用透镜的数目同时一目了然地保持不变。用于修正的技术开支因而保持在可接受的范围内。

[0017] 在简单的构造方案中,一个或多个物镜侧的和/或像侧的透镜组件分别构造为粘接透镜片,这降低了需要调校的部件的耗费,但是也降低了调整可能性。

[0018] 当透镜组件并未连接为粘接透镜片时或者使用附加的透镜时,则优选也能够修正这种在场角很大的情况下出现的像差,正如这种像差在宽场显微术中例如当视场直径大于15mm是常见的。

[0019] 当井筒透镜已经完全消除色差的话,则物镜侧的部件仅须对物镜光瞳的通常非常小的色差加以修正,则这种透镜组件也几乎是消除色差的。在这种情况下,必须应用量值或者说绝对值大于150的有效阿贝数,这能够以相应的粘接透镜片或透镜组件来实现。

[0020] 在另一优选的构造方案中,传输系统沿着光路能移动地布置。按照这种方式,传输系统能够与根据位置的物镜光瞳位置相匹配。物镜的焦点运动也能够以这种方式得到补偿。在这两种情况下,像平面的位置保持不变。在此,速比与光瞳成像比例相关,对于比例为1:1的成像情况,物镜侧的部件和像侧的部件朝相同方向运动相同的量。两个部件彼此间按照相应速比的运动能够通过相应的传动装置或者也能够以电子的方式来保证。

[0021] 在本发明的另一构造方案中,传输系统连同光学适配元件以绕光轴旋转对称的方式构造。在此,传输系统的光轴与成像系统的其余区域内光轴的位置不重合:像平面或照相机和镜筒透镜系统以及中间像平面在这种情况下关于传输系统的光轴并非同中心地布置,或者说偏心地布置,但是对中心地布置在相应的子系统(照相机或物镜和镜筒透镜系统)的光轴上。按照这种方式,可以进一步减小适配元件上的入射角,这是因为在适配元件上被反射的光不必经过机械的边框(Fassung)。在这种情况下,入射的光在光学适配元件上以如下方式发生反射:使光再次透过相同的光学元件返回,物镜侧的部件于是与像侧的部件在结构技术上重合,但是光线相比于透射物镜侧的部件的过程以反过来的顺序透射像侧的部件。为此,透镜以相应的参数来设计,从而光线从物镜首先分别通过每个透镜的半部透射到光学适配元件上,在返程上分别透射每个透镜的另外那个半部。与传输系统的光轴相关地,一方面的物镜、镜筒透镜系统以及另一方面的像平面并不相叠地、关于传输系统还有光学适配元件的光轴不对中心地布置。于是,在旋转对称地成型的透镜中,当光轴再次与镜筒光学器件重合时,也就是处在传输系统外部,则要么是光瞳修正要么是物体成像必须以其他

方式产生,而不是利用传输系统产生。

[0022] 在传输系统的刚介绍的对称的实施方案中,光还必须以不为零的角度投射到光学适配元件上,以便从一部分光路转向到另外那部分。当应用光学适配元件来移动焦点时(方式为给光学适配元件成形出球形或抛物线形的曲率),则产生了与场相关的像散现象。因为传输系统和光学适配元件的对称轴重合,并且因为已知的光学器件的像散现象是与焦距相关的,所以能够以如下方式设计旋转对称的传输系统:使得在适配元件上产生的像散现象针对一定的散焦而由传输系统本身补偿。按照这种方式,能够借助适配元件利落地(sauber)调整的焦点区域能够进一步扩大。

[0023] 本发明的其他构造方案还实现了光瞳成像与物镜光瞳的不同尺寸的匹配。例如在光路中能够在传输系统的前面布置第一望远式系统或者说望远镜或者说伸缩镜(Teleskop),在传输系统的后面布置第二望远式系统。望远式系统能够设计成可替换的,以便实现与不同物镜的匹配。在此,传输系统不是一定要更换。在模块式的构造中,也可以在不应用望远式系统的情况下,针对不同的物镜提供不同的传输系统,这种传输系统能够在更换转塔中的物镜时相应地换上或换掉,例如呈插入模块的形式装入中间像界面中。望远式系统优选是消色差的。在此,第一望远式系统以如下方式布置,使得中间像处在望远式系统的光路中,从而仅实现中间像的扩大,但焦点位置或光瞳位置不改变。在光路中,第二望远式系统处在传输系统的像侧的部件与像平面之间。

[0024] 利用刚刚提到的部件能够执行与不同的光瞳尺寸分别进行匹配(例如通过更换望远式系统的方式),而还可行的是,将望远式系统构造为具有多于两个透镜的调焦望远式系统,这种调焦望远式系统也是消色差的并且实现了光瞳尺寸与不同物镜的物镜光瞳进行连续的匹配。

[0025] 传输系统本身也可以构造为调焦光学器件,对光瞳成像或物镜成像的之前介绍的色彩修正则必须在外部在相对于调焦系统在前后连接的光学器件中进行。在这种情况下,光学适配元件也可以构造为起反射作用的元件,并且调焦系统绕纵轴线旋转对称地设计,从而无论是入射还是出射的光路都通过相同的透镜、但在不同侧引导。

[0026] 不言而喻的是,前面提到的而且后面还要阐释的特征不仅能够以给出的组合使用,而且也能够以其他组合或者单独加以使用,而不离开本发明的范围。

附图说明

[0027] 下面,本发明例如借助同样公开了本发明重要特征的附图进一步阐释。其中:

[0028] 图1示出显微成像系统的第一构造方案,

[0029] 图2示出显微成像系统的第二构造方案

[0030] 图3示出显微成像系统的第三构造方案,该显微成像系统具有能移动的部件,

[0031] 图4a示出沿轴向旋转对称地构造的传输系统,

[0032] 图4b示出光路中的光学适配元件的作用方式,

[0033] 图5a以基本状态示出旋转对称的传输系统的另一构造方案,

[0034] 图5b以工作状态示出与图5a相同的传输系统,

[0035] 图6示出一种显微成像系统,其中,除了传输系统之外,将望远式系统可变换地布置在光路中,

[0036] 图7示出一种显微成像系统,其中,将构造为变焦望远式系统的望远式系统布置在光路中,

[0037] 图8示出一种显微成像系统的构造方式,其中,传输系统构造为变焦系统,以及

[0038] 图9示出一种成像系统,其中,变焦系统围绕光轴旋转对称地构造且将相同的透镜应用于入射和出射的光路。

具体实施方式

[0039] 在图1中示出用于对试样进行宽场显微成像的显微成像系统的主要元件的基本构造。图1中所示的光路在其左侧与未示出的试样紧邻安置地首先具有物镜1。物镜1的出瞳2具有负的焦距,出瞳2以成虚像的方式处在物镜1的内部。关于试样布置在物镜1后面的是镜筒透镜系统3。凭借该镜筒透镜系统,将试样1的像成像到中间像平面4中。关于试样布置在镜筒透镜系统3后面的是传输系统5,该传输系统具有物镜侧的部件6和像侧的部件7。物镜侧的部件6包括至少两个透镜组件,在这里是第一物镜侧的透镜组件8和与之隔开间距的第二物镜侧的透镜组件9。像侧的部件7同样包括至少两个透镜组件,在这里是第一像侧的透镜组件10和与之隔开间距的第二像侧的透镜组件11。在此,传输系统5以如下方式构造:该传输系统将物镜1的出瞳2成像到物镜侧的部件6与像侧的部件7之间的光瞳平面12中并且同时将试样的像从中间像平面4到像平面13中。在物镜侧的部件6与像侧的部件7之间的光瞳平面12中布置有光学适配元件14,该光学适配元件例如能够构造为空间光调制器。在当前的图1中所示的情况下,光学适配元件是透光的,其也可以构造为反射镜,例如膜反射镜。光学适配元件14处在与物镜光瞳共轭的平面(光瞳平面12)中,从而光学适配元件的作用与场无关。传输系统5能够以如下方式设计:该传输系统能够作为模块装入光路中,例如与现有的中间像界面耦合。于是,传输系统也能够与所应用的物镜相关地替换。

[0040] 第一物镜侧的透镜组件8和第二物镜侧的透镜组件9在将物镜光瞳成像到光瞳平面12中时,与物镜1的出瞳2成像到光瞳平面12上的过程相关地对镜筒透镜系统3或物镜1的纵向和横向色像差加以修正。在此,这种修正至少执行至达到预设的偏差标准,而修正优选完全补偿两种偏差。

[0041] 而光瞳修正,也就是对镜筒透镜系统和物镜1的纵向和横向像差进行的修正使得:在传输原本已经通过物镜1和镜筒透镜系统3中的元件加以修正的中间像时,也出现纵向和横向的色像差。在光瞳平面12中,这种情形下的像差对于与场无关的操作是不起干扰作用的。因此,修正已不必利用物镜侧的部件6的透镜来执行,这在技术上非常复杂而且需要多个透镜。

[0042] 因此,对纵向和横向色像差与试样从中间像平面到像平面的成像相关的修正通过像侧的透镜组件9和10来进行。同样在这里,偏差优选完全得到补偿,但至少修正达到预设的偏差标准。按照这种方式,特别是能够对现有的镜筒透镜系统3中由于与色彩相关的光瞳位置产生的横向色偏差加以修正。

[0043] 在图1中所示的实施方案中,物镜侧的透镜组件8和9以及像侧的透镜组件10和11分别构造为粘接透镜片,按照这种方式,能够产生具有几乎任意阿贝数的有效媒介。光学适配元件14在这里以起透射作用的元件示出。但光学适配元件大多以反射的方式工作,因为按照这种方式具有更多对光线走向产生影响的可能性。这种具有起反射作用的光学适配元

件14的构造在图2中示出。射到构造为膜反光镜的光学元件14上的入射角在这里为 7° 。物镜侧的透镜组件8和9以及像侧的透镜组件10和11的透镜相比于各自两个粘接透镜片提供更多的自由度。按照这种方式,也能够对在角很大的情况下引起的像差加以修正。

[0044] 在图3中示出显微成像系统的如下实施方案,其中,传输系统5沿着光路能够移动地布置。按照这种方式,能够将传输系统5的位置与物镜光瞳位置的位置变化相匹配。在此,像平面13的位置保持恒定。在以大约1:1的比例成像时,当物镜光瞳的位置通过移动物镜1(如通过箭头所示那样)而被改变时,传输系统5的像侧的部件7和物镜侧的部件6朝相同的方向移动相同的量。凭借相应的变速装置或者以电子的方式,能够使速比针对物镜1的运动与传输系统5的运动的比关系得到调整,其中,物镜运动与传输系统运动的速比是与光瞳成像比例相关的。在以1:1的比例成像时,两个部件同样程度地运动。如在图3中所示的示例中,例如物镜朝向试样运动5mm,为了与物镜光瞳的新位置相匹配,传输系统5的物镜侧的部件6和像侧的部件7朝向像平面13的方向分别移动6.2mm,像平面的位置保持不变。光学适配元件14的位置也不变。在这里,成像以1:1的比例进行。因为光瞳成像和物镜成像的纵向和横向像差当物镜光瞳的位置移动时轻微改变,在这里可以具有优点的是:物镜侧的和像侧的透镜组件8、9、10和11的透镜中的一些或多个能够独立于其他透镜地或者以针对其运动而确定的比例移动。

[0045] 在另一构造方案中,传输系统5以及光学适配元件14以沿轴向绕这些元件的光轴旋转对称的方式构造,其中,引导至光学适配元件的还有从光学适配元件14引出的光路经过传输系统5的相同的透镜延伸。换言之,相同的透镜组件一方面在通向光学适配元件14的去程上以及另一方面在从光学适配元件14的返程上被光穿过。在此,光路本身并非同中心而且不相叠。按照这种方式,能够进一步减小适配元件上的入射角,因为在光学适配元件14上反射的光线不必引导经过机械的边框,而是引回到相同的光学器件中。

[0046] 但是,镜筒透镜系统3的光轴关于传输系统5的光轴非同中心的位置根据在本文中以图1介绍的图解实现不了色彩修正。当光轴再次与镜筒透镜系统3的光轴或像平面13的光轴重合时,这种色彩修正必须在传输系统5的前方或后方进行。针对这种系统的示例在图4a中示出。从左边出自中间像4的光借助在图页平面中传输系统5的上部的区域转向到构造为膜反光镜的光学适配元件14上,并且从该光学适配元件经传输系统5的下部区域向回成像到像平面13上。在光学适配元件14的图4a中以虚线示出的基本状态中,该光学适配元件平坦地构造,从而在光学适配元件14上的入射光的入射角与0稍有偏差。但是,可以给光学适配元件14压印出球形的或抛物线形的曲率,从而这种光学适配元件能够用于移动焦点。这样,在本文中出现的与场相关的像散现象。但因为传输系统5和光学适配元件14的对称轴重合,而且因为预设的光学系统的像散现象是与焦距相关的,所以能够以如下方式设计对称的传输系统5:使得在适配元件14上产生的像散现象针对传输系统5一定的散焦而得到补偿。按照这种方式,可以扩大能借助光学适配元件定址的焦点区域。当图4a中的光学适配元件14在其这里以实线示出的弯曲的位置得到调整时,则其产生具有抛物线的场相关性的像散现象,具体而言相对于传输系统5和适配元件14的光轴旋转对称。这在图4b中以实线示出。在此,膜反光镜的曲率与焦点的位移量成正比。针对一定的焦点位置或散焦,传输系统5能够以如下方式设计,焦距变化产生了在绝对值上相同但符号不同的像散现象。这在图4b中以虚线在左侧示出。在总量上,两种效应抵消,这在图4b的中间通过实线示出。

[0047] 这种焦点移位的作用方式还在图5a和图5b中绘出。在图5a中是处于其基本状态的光学适配元件,这基本上对应在膜反光镜平坦的情况下在图4a中示出的构造。在图5b中示出光学适配元件14呈球形轻微弯曲,这导致了所示的焦点移位。

[0048] 在成像系统的其他构造方案中,光瞳成像也能够与物镜光瞳的不同尺寸相匹配。为了对光瞳尺寸进行分别匹配,例如个性化的传输系统5适合用于不同的物镜光瞳,其中,这些传输系统优选具有同样的传输长度。另一种可行方案在于,在成像系统中,在光路中在传输系统5的前面布置有第一望远式系统16,在传输系统5的后面布置有第二望远式系统17,正如其在图6中简略示出那样。作为单透镜示出的元件在这里可以特别是也代表透镜组件,正例如这些元件针对传输系统5的物镜侧的透镜组件8和9以及像侧的透镜组件10和11的情况那样。望远式系统16和17可以设计成是能够替换的,例如这种望远式系统能够布置在一个模块中。在图6中例如示出包括三种配置方式的模块,在图6a和图6c中示出具有不同的第一望远式系统16和不同的第二望远式系统17的两种配置方式,在图6b中示出不具有这种望远式系统的配置方式。中间像平面4在这里处在第一望远式系统16中,从而第一望远式系统16布置在中间像平面中。第二望远式系统17布置在像平面13前面。

[0049] 这种具有替换望远式系统的模块仅实现了对光瞳尺寸的个别匹配,而替代第一望远式系统16可以使用第一调焦望远式系统18,替换第二望远式系统17可以使用第二调焦望远式系统19。这种配置方式在图7中示出。图7a、7b和7c分别示出两种调焦望远式系统18和19的不同状态。

[0050] 在另一构造方案中,传输系统15通过具有两个调焦光学器件的调焦系统来实现,而这种调焦系统不能用于如在结合图1介绍的那样对色差进行修正。这种具有第一调焦光学器件20和第二调焦光学器件21的传输系统5在图8中示出,第一和第二调焦光学器件分别布置在中间像平面4与光瞳平面12之间或光瞳平面12与像平面13之间,其中,在这里图8a、8b和8c分别示出调焦光学器件的不同状态。在光路中还存在修正元件22和23,用以修正上面介绍的色差。

[0051] 第一调焦光学器件20和第二调焦光学器件21能够相对于光瞳平面12对称地构造。第一和第二调焦光学器件也能够整合成轴对称的配置方式,正如这一点结合图4和图5所介绍那样。这种轴对称的调焦光学器件24在图9中以与图8中所示的状态相对应的不同位置示出。传输系统15的物镜侧的部件6和像侧的部件7在这种情况下是相同的并且通过调焦光学器件24来实现。

[0052] 附图标记列表

[0053] 1 物镜

[0054] 2 出瞳

[0055] 3 镜筒透镜系统

[0056] 4 中间像平面

[0057] 5 传输系统

[0058] 6 物镜侧的部件

[0059] 7 像侧的部件

[0060] 8 第一物镜侧的透镜组件

[0061] 9 第二物镜侧的透镜组件

- [0062] 10 第一像侧的透镜组件
- [0063] 11 第二像侧的透镜组件
- [0064] 12 光瞳平面
- [0065] 13 像平面
- [0066] 14 光学适配元件
- [0067] 15 传输系统
- [0068] 16 第一望远式系统
- [0069] 17 第二望远式系统
- [0070] 18 第一调焦望远式系统
- [0071] 19 第二调焦望远式系统
- [0072] 20 第一调焦光学器件
- [0073] 21 第二调焦光学器件
- [0074] 22 修正元件
- [0075] 23 修正元件
- [0076] 24 轴对称的调焦光学器件

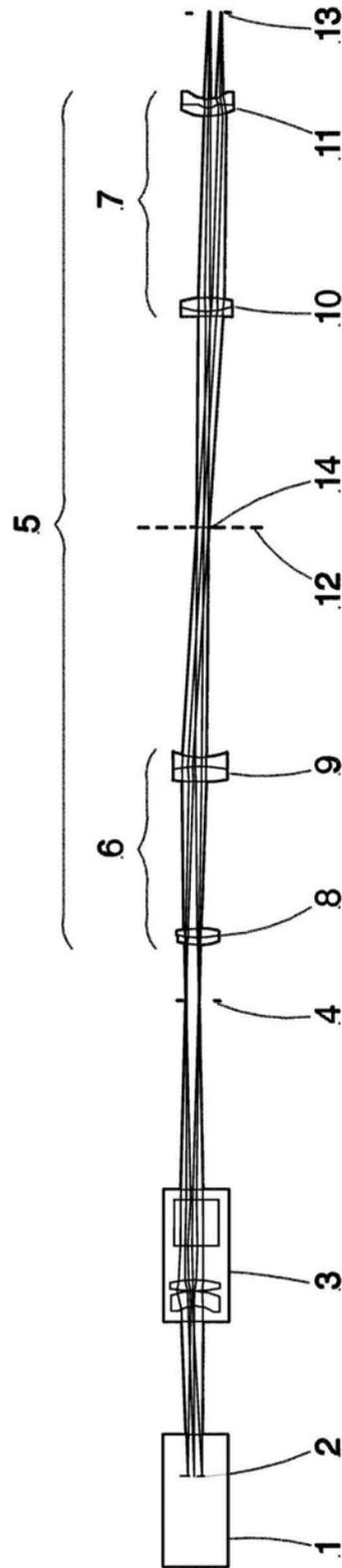


图1

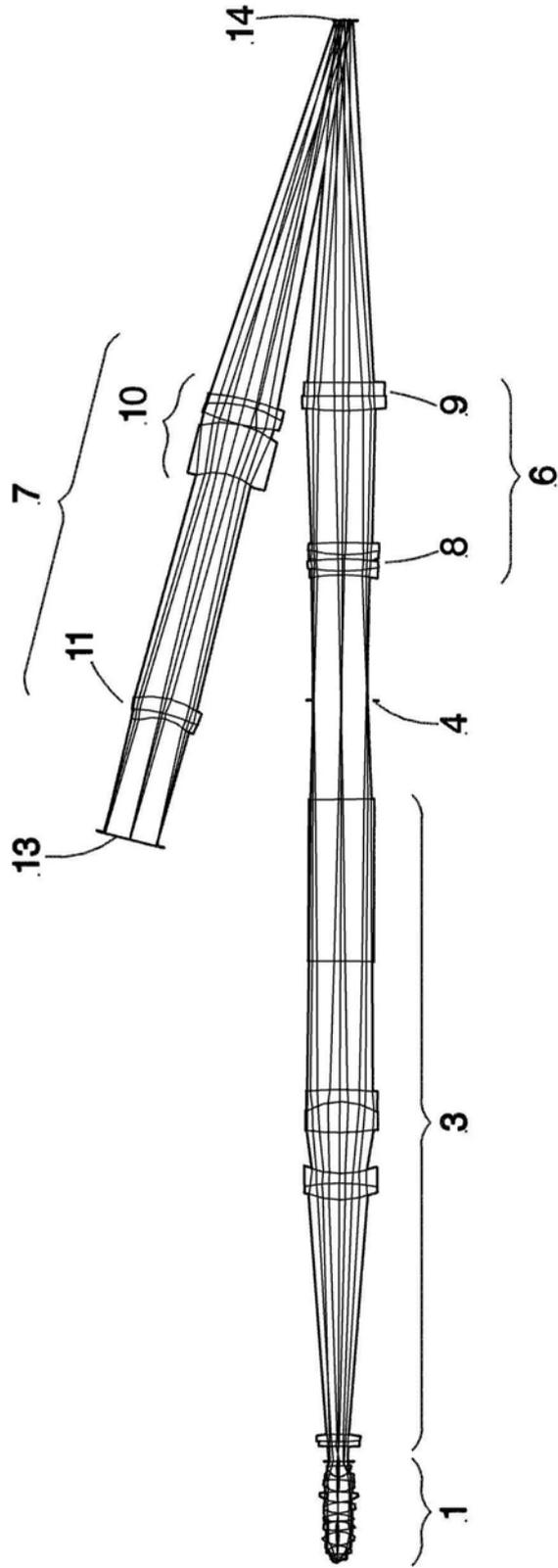


图2

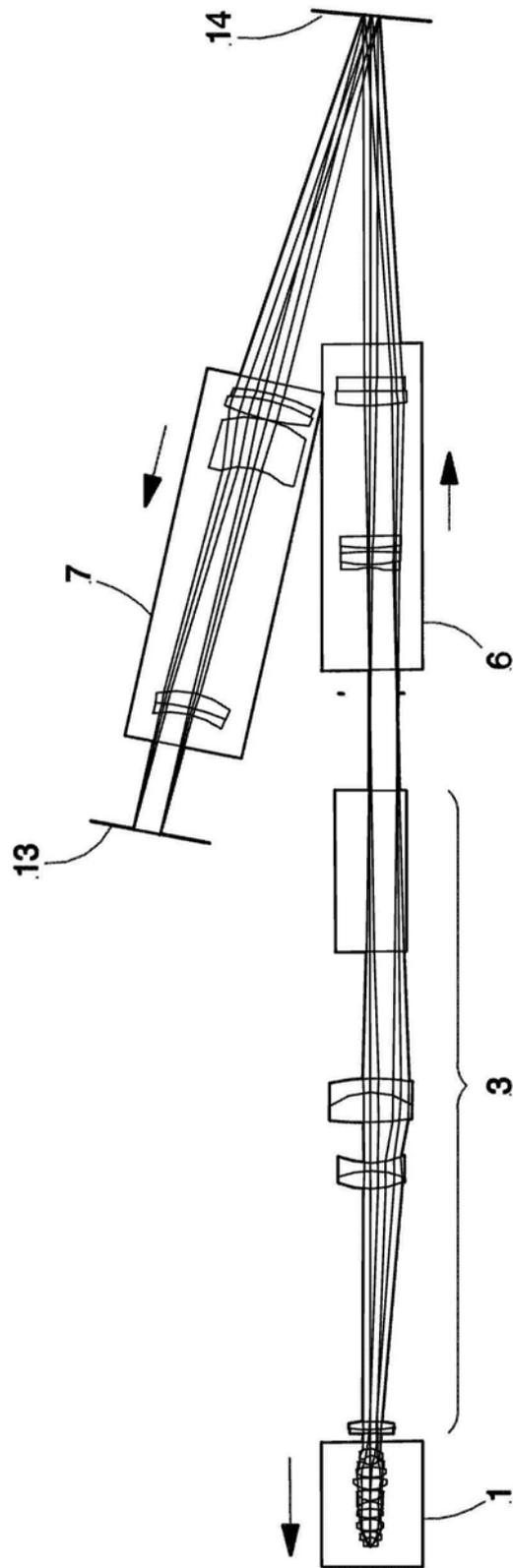


图3

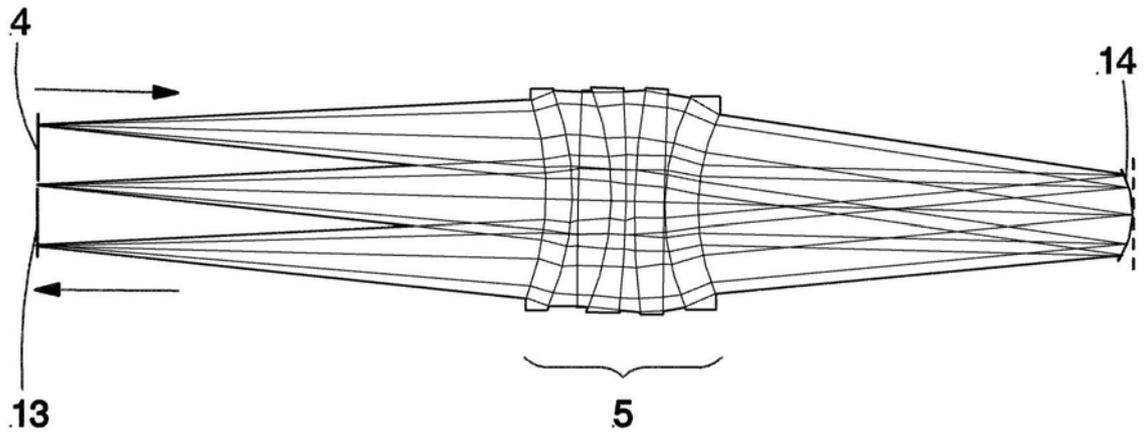


图4a

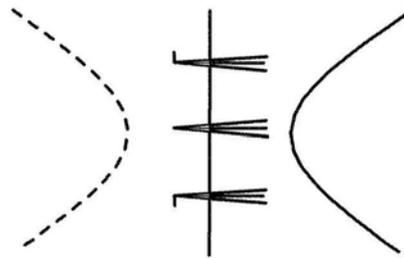


图4b

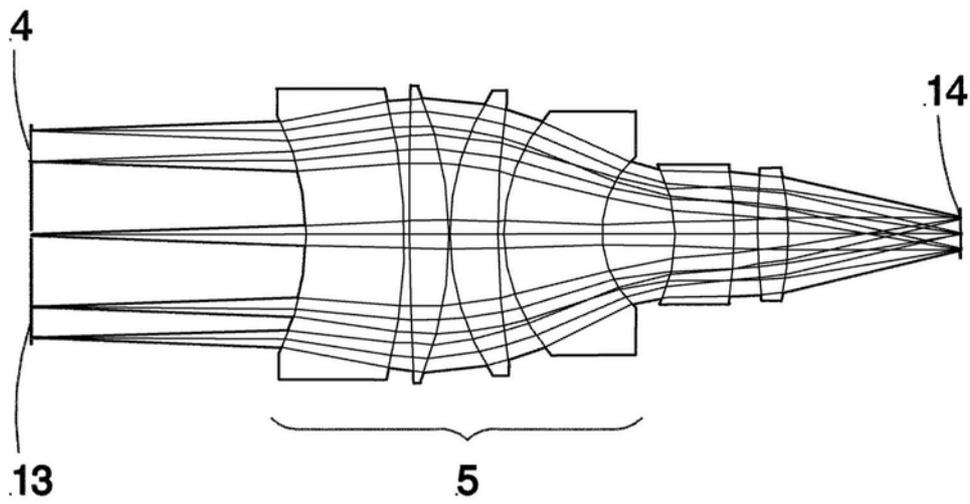


图5a

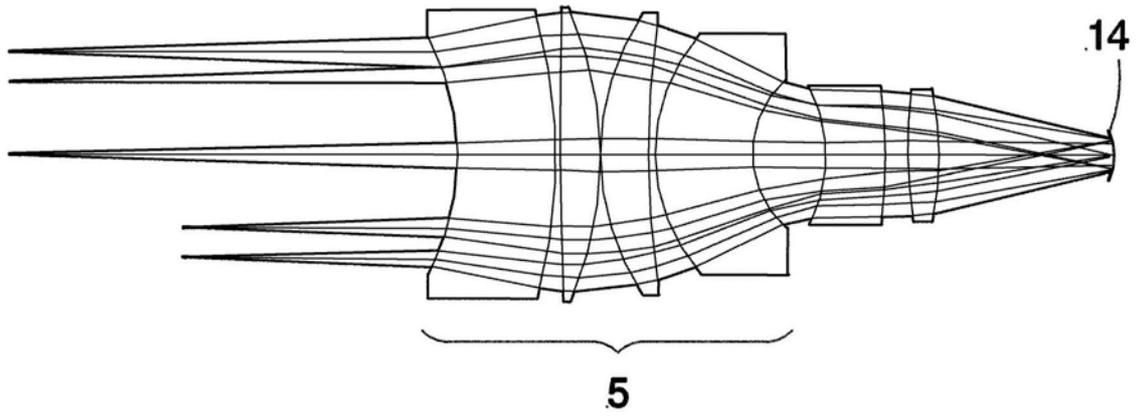


图5b

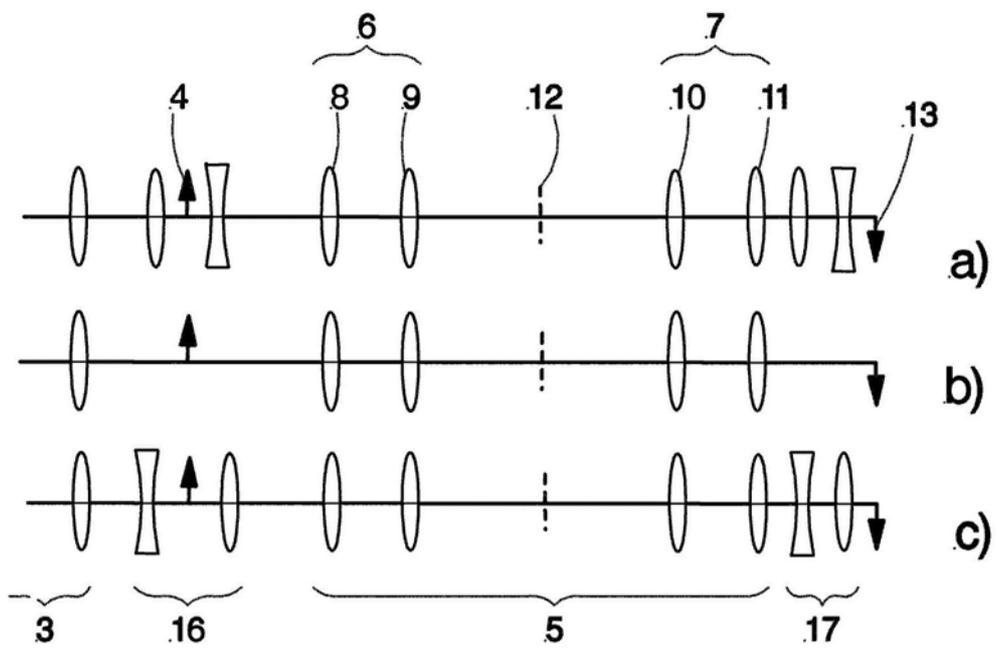


图6

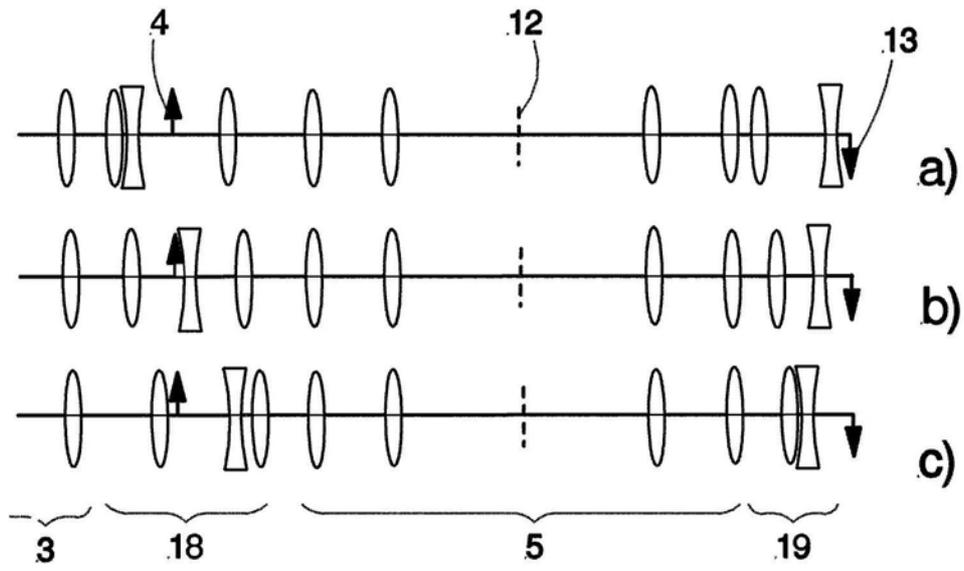


图7

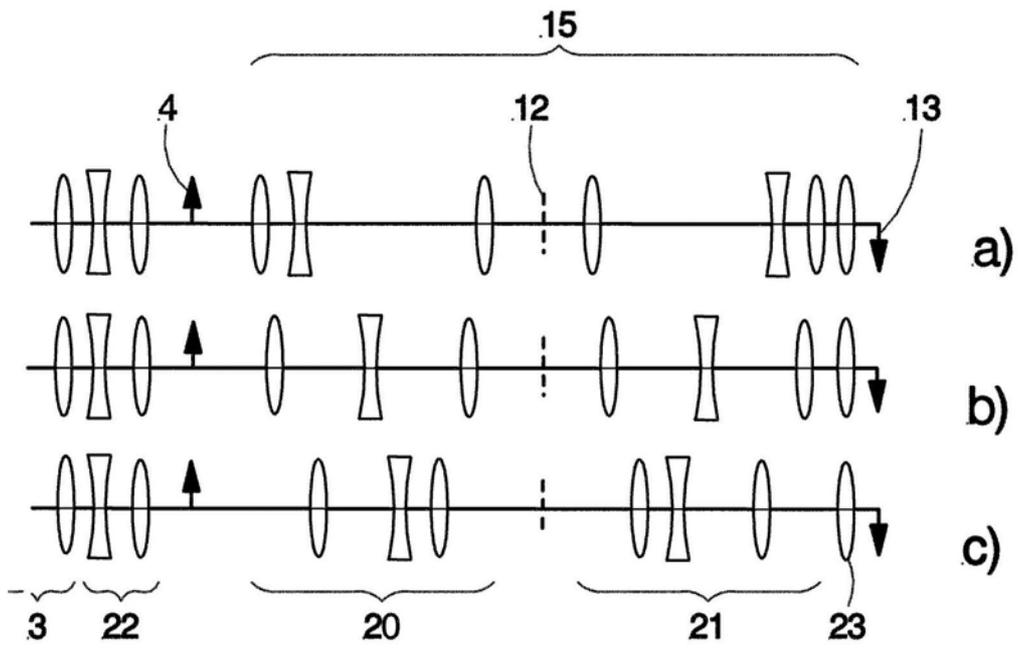


图8

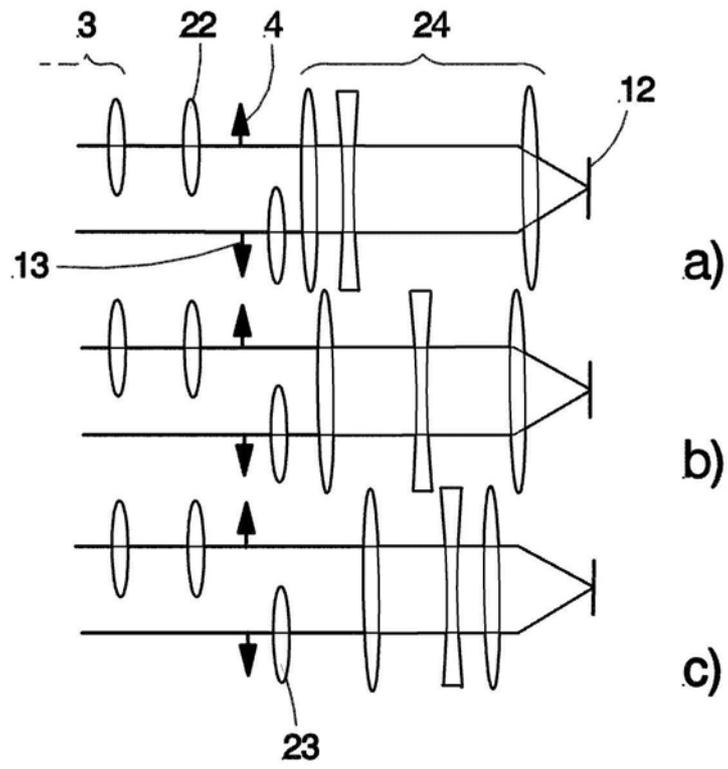


图9