



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102870031 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201180020384. 8

G02B 13/18(2006. 01)

(22) 申请日 2011. 04. 20

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

2010-103612 2010. 04. 28 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 10. 23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/060197 2011. 04. 20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/136240 EN 2011. 11. 03

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 梶山和彦 铃木雅之 片芝悠二

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 魏小微

(51) Int. Cl.

G02B 17/08(2006. 01)

审查员 金伟华

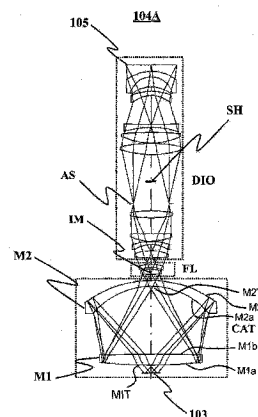
权利要求书2页 说明书18页 附图9页

(54) 发明名称

折反射光学系统及具有该系统的图像拾取装置

(57) 摘要

本发明的折反射光学系统包括:折反射单元,被配置为聚集来自物体的光通量,并且形成物体的中间像;场透镜,设置在形成中间像的位置处;以及屈光单元,被配置为把中间像形成到图像表面上;当 v_{cat} 表示构成折反射单元的第一光学元件和第二光学元件的材料的阿贝数中的最小阿贝数并且 v_{dio} 表示构成屈光单元的多个屈光光学元件的材料的阿贝数中的最小阿贝数时,满足 $v_{dio} < v_{cat}$ 。



1. 一种折反射光学系统,包括:

折反射单元,被配置为形成物体的中间像;

场透镜,设置在形成所述中间像的位置处;以及

屈光单元,被配置为形成所述中间像的图像,

其中所述折反射单元包括:

第一光学元件,包括具有在物体侧的凸表面、在光轴附近的正折光力的光透射部分,以及通过在所述物体侧的表面上在周边部分中涂敷反射膜而制成的背面反射器;以及

第二光学元件,包括具有在物体侧的凹表面、弯月形状、在光轴附近的负折光力的光透射部分,以及通过在图像侧的表面上涂敷反射膜而制成的背面反射器,

其中,所述第一光学元件和所述第二光学元件从所述物体侧被依次布置,以使得每个背面反射器彼此面对,

其中来自所述物体的光通量依次经过所述第一光学元件的光透射部分、所述第二光学元件的背面反射器、所述第一光学元件的背面反射器以及所述第二光学元件的光透射部分,并且射出到场透镜侧,以及

其中所述屈光单元包括多个屈光光学元件,

其中,满足以下条件:

$$vdio < vcat$$

其中, $vcat$ 表示所述第一光学元件和第二光学元件的材料的阿贝数中的最小阿贝数, $vdio$ 表示所述多个屈光光学元件的材料的阿贝数中的最小阿贝数。

2. 如权利要求 1 所述的折反射光学系统,其中,阿贝数 $vcat$ 满足以下条件:

$$45 < vcat。$$

3. 如权利要求 1 所述的折反射光学系统,其中,阿贝数 $vdio$ 满足以下条件:

$$vdio < 40。$$

4. 如权利要求 1 所述的折反射光学系统,其中,满足以下条件:

$$\frac{1}{\left(\frac{|RM2b|}{2}\right)} - \frac{1}{(|RM2a| + t)} = \frac{1}{s'}$$

$$\frac{(s' - t) \times Nd}{(Nd + 1)} = Rapl$$

$$Rapl \times 0.8 < |RM2a| < Rapl \times 1.2$$

其中, $RM2a$ 和 $RM2b$ 分别表示所述第二光学元件中的物体侧和图像侧的表面的曲率半径, t 表示所述第二光学元件的光轴上的厚度,以及 Nd 表示所述第二光学元件的材料针对 587.6nm 的波长的折射率。

5. 如权利要求 1 所述的折反射光学系统,其中,满足以下条件:

$$L/d < 4.5$$

其中, d 表示在所述光轴上从形成所述第一光学元件的背面反射器的表面到形成所述第二光学元件的背面反射器的表面的距离, L 表示从设置所述物体的位置到图像表面的距离。

6. 一种图像拾取装置,包括:
光源单元;
照明光学系统,被配置为用来自所述光源单元的光通量对物体进行照明;
如权利要求 1 所述的折反射光学系统,被配置为形成所述物体的图像;
图像拾取元件,被配置为对由所述折反射光学系统形成的物体图像进行光电转换;以
及
图像处理系统,被配置为基于来自所述图像拾取元件的数据来生成图像信息。

折反射光学系统及具有该系统的图像拾取装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种适合于放大物体用于观察的折反射光学系统以及具有该折反射光学系统的图像拾取装置。

背景技术

[0002] 在目前的病理检查中,使用光学显微镜以人眼直接观察病理样本(物体)。近年来,使用被称为虚拟显微镜的事物,其捕获病理样本作为图像数据并且使得能够在显示器上观察图像数据。由于虚拟显微镜使得能够在显示器上观察病理样本的图像数据,因此很多人可以同时观察它。此外,该虚拟显微镜具有很多优点,例如可以通过与远程病理学家共享图像数据来请求诊断。然而,该方法需要很长时间来拍摄病理样本的图像并且捕获其图像数据。

[0003] 花费很长时间的一个因素在于,必须通过使用显微镜的窄图像拾取区域来捕获病理样本的大图像拾取范围作为图像数据。对于显微镜的窄图像拾取区域,需要多次或通过扫描拍摄图像并且将它们合成为一幅图像。需要具有宽图像拾取区域的(图像拾取)光学系统,以使得拍照数量较小并且使得图像捕获时间段短于从前。

[0004] 在病理样本的观察中,由于需要宽图像拾取区域,因此需要在可视区域中具有高分辨率的光学系统。

[0005] 日本专利公开 No. S60-034737 公开了一种包括屈光光学系统的显微镜的物镜,在整个可见光范围中很好地减少了像差,并且适合于观察生物细胞或任何东西。此外,国际专利申请 No. 2007-514179 的日本国内公布公开了一种用于宽带显微镜的折反射成像系统,其包括在整个可见光范围中具有高分辨率的折反射光学系统,并且被配置为检测集成电路或光掩模中的缺陷。W000/39623 公开了一种折反射成像系统,其适合于制造半导体设备并且被配置为以紫外波长区的光在宽区域上使微图案曝光。

[0006] 然而,虽然日本专利公开 No. S60-034737 中公开的显微镜的物镜在整个可见光范围中很好地减少像差,但观察区域的大小不足。

[0007] 此外,虽然国际专利申请 No. 2007-514179 的日本国内公布中公开的折反射成像系统在整个可见光范围中很好地减少了像差并且提供高分辨率,但观察区域的大小不足。

[0008] W000/39623 中公开的折反射成像系统提供高分辨率,但很好地校正像差的波长区域不足。

[0009] 因此,本发明提供一种被配置为在整个可见光范围中很好地校正像差并且在宽图像拾取区域中提供高分辨率的折反射光学系统、以及具有该折反射光学系统的图像拾取装置。

发明内容

[0010] 作为本发明的一方面的折反射光学系统包括:折反射单元,被配置为聚集来自物体的光通量并且形成物体的中间像,折反射单元包括:第一光学元件,包括具有在物体侧的

凸表面、在光轴附近的正折光力的光透射部分,以及通过在物体侧的表面上在周边部分中涂敷反射膜而制成的背面反射器;以及第二光学元件,包括具有在物体侧的凹表面、弯月形状、在光轴附近的负折光力的光透射部分,以及通过在图像侧的表面上涂敷反射膜而制成的背面反射器,第一光学元件和第二光学元件从物体侧被依次布置,以使得每个背面反射器彼此面对;场透镜,设置在形成中间像的位置处,来自物体的光通量依次经过第一光学元件的光透射部分、第二光学元件的背面反射器、第一光学元件的背面反射器以及第二光学元件的光透射部分,并且射出到场透镜侧;以及屈光单元,被配置为把中间像形成到图像表面上,屈光单元包括多个屈光光学元件。当 v_{cat} 表示构成折反射单元的第一光学元件和第二光学元件的材料的阿贝数中的最小阿贝数, v_{dio} 表示构成屈光单元的多个屈光光学元件的材料的阿贝数中的最小阿贝数时,折反射光学系统满足: $v_{dio} < v_{cat}$ 。

附图说明

- [0011] 图 1 是本发明的图像拾取装置的示意性截面图。
- [0012] 图 2 是本发明实施例 1 的折反射光学系统的主要部分的示意图。
- [0013] 图 3 是本发明实施例 1 的折反射光学系统的横向像差图。
- [0014] 图 4 是本发明实施例 2 的折反射光学系统的主要部分的示意图。
- [0015] 图 5 是本发明实施例 2 的折反射光学系统的横向像差图。
- [0016] 图 6 是本发明实施例 3 的折反射光学系统的主要部分的示意图。
- [0017] 图 7 是本发明实施例 3 的折反射光学系统的横向像差图。
- [0018] 图 8 是本发明实施例 4 的折反射光学系统的主要部分的示意图。
- [0019] 图 9 是本发明实施例 4 的折反射光学系统的横向像差图。

具体实施方式

[0020] 本发明的折反射光学系统 104 包括:折反射单元 CAT,被配置为聚集来自物体 103 的光通量并且形成中间像 IM;以及场透镜 FL,设置在形成中间像 IM 的位置处。其还包括屈光单元 DIO,被配置为把中间像 IM 形成到图像表面(图像拾取元件 105)上。

[0021] 此外,本发明的图像拾取装置 1000 包括:光源单元 101,被配置为以来自光源单元 101 的光通量照明物体 103 的照明光学系统 102,以及被配置为形成物体 103 的图像的折反射光学系统 104。其还包括被配置为对由折反射光学系统 104 形成的物体图像进行光电转换的图像拾取元件 105,和被配置为基于来自图像拾取元件 105 的数据而生成图像信息的图像处理系统 106。

[0022] 图 1 是本发明的图像拾取装置的主要部分的示意性截面图。图 2 是本发明实施例 1 的折反射光学系统的主要部分的示意图。图 3 是本发明实施例 1 的折反射光学系统的横向像差图。图 4 是本发明实施例 2 的折反射光学系统的主要部分的示意图。图 5 是本发明实施例 2 的折反射光学系统的横向像差图。图 6 是本发明实施例 3 的折反射光学系统的主要部分的示意图。图 7 是本发明实施例 3 的折反射光学系统的横向像差图。图 8 是本发明实施例 4 的折反射光学系统的主要部分的示意图。图 9 是本发明实施例 4 的折反射光学系统的横向像差图。

[0023] 横向像差图示出以毫米为单位表示的对样本 103 的计算结果。除了 587.6nm 的中

心波长之外,还示出 656.3nm 的波长、486.1nm 的波长和 435.8nm 的波长。

[0024] 下文中,将参照图 1 描述具有本发明的折反射光学系统 104 的图像拾取装置 1000 的配置。这里,图 1 是本发明的图像拾取装置 1000 的示意性截面图。图像拾取装置 1000 聚集来自光源 101 的光,并且使用照明光学系统 102 来均匀地照明样本(物体)103。其使用可见光,例如 400nm-700nm 的波长。成像系统 104 包括被配置为在图像拾取元件 105 上形成样本(物体)103 的图像的折反射光学系统。图像拾取元件 105 中获得的数据(图像信息)被图像处理系统 106 转换为图像数据,所生成的图像数据显示在显示器 107 (显示单元)等上。图像处理系统 106 校正不能在成像系统 104 中校正的像差,或执行对于其应用所需的处理,包括将具有不同图像拾取位置的图像数据合成为一个图像数据。

[0025] 该实施例中的折反射光学系统 104 包括折反射单元 CAT、场透镜 FL 和屈光单元 DIO。构成折反射光学系统 104 的折反射单元 CAT 包括至少两个光学元件,其按从物侧起的顺序包括第一光学元件 M1,第一光学元件 M1 包括光透射部分 M1T,和在物体侧的表面 M1a 上在其周边部分中的反射膜以便充当背面反射器,光透射部分 M1T 具有在物体侧的凸表面 M1a、光轴附近的正折光力。

[0026] 其还包括第二光学元件 M2,第二光学元件 M2 包括光透射部分 M2T,和在图像侧的表面 M2b 上在其周边部分中的反射膜以便充当背面反射器,光透射部分 M2T 具有在物体侧的凹表面、弯月形状、光轴附近的负折光力。第一光学元件 M1 和第二光学元件 M2 被布置为使得它们的背面反射器彼此面对。

[0027] 第一光学元件 M1 包括光透射部分 M1T 以及通过在物体侧的表面 M1a 上在其周边部分中涂敷反射膜制成的背面反射器,光透射部分 M1T 具有样本(物体)103 侧的凸表面、光轴附近的正折光力。

[0028] 第二光学元件 M2 具有光透射部分 M2T 和通过在图像侧的表面 M2b 上在其周边部分中涂敷反射膜制成的背面反射器,光透射部分 M2T 具有在物体(样本)103 侧的凹表面、弯月形状、光轴附近的负折光力。屈光单元 DIO 屏蔽在来自样本 103 的光通量当中邻近光轴的光通量,并且包括被配置为防止邻近光轴的光通量进入图像拾取元件 105 的光屏蔽板 SH。

[0029] 每个实施例中的折反射光学系统 104 受来自照明光学系统 102 的光通量照射,从样本 103 射出的光通量穿过第一光学元件(曼京镜, mangin mirror) M1 的中心透射部分 M1T。然后,其进入第二光学元件(曼京镜) M2 的折射表面 M2a,在后表面 M2b 上反射,穿过反射表面 M2a,进入第一光学元件 M1 的折射表面 M1b。然后,其在第一光学元件 M1 的后表面 M1a 上反射,穿过第二光学元件 M2 的折射表面 M1b 和中心透射部分 M2T,形成样本 103 的中间像 IM。中间像 IM 形成在场透镜 FL 中的透镜内部。中间像 IM 被包括多个屈光元件的屈光单元 DIO 放大并且形成在图像拾取元件 105 上。在图像拾取元件 105 上形成的样本 103 的图像被图像处理系统 106 处理,并且显示在显示器 107 上。

[0030] 在每个实施例中, v_{cat} 表示构成折反射单元的第一元件 M1 和第二光学元件 M2 的材料中的阿贝数中的最小阿贝数。 v_{dio} 表示屈光单元 DIO 中的多个折反射元件的材料中的最小阿贝数。满足以下条件:

[0031] $v_{dio} < v_{cat} \quad (1)$

[0032] 在每个实施例中,可以满足以下条件中的至少一个。

[0033] 阿贝数 v_{cat} 和阿贝数 v_{dio} 可以满足以下条件中的至少一个:

[0034] $45 < v \text{ cat} (2)$

[0035] $v \text{ dio} < 40 (3)$

[0036] 假设 RM2a 和 RM2b 分别表示第二光学元件 M2 的物体侧和图像侧的表面 M2a 和 M2b 的曲率半径, t 表示在第二光学元件 M2 的光轴上的厚度, 以及 Nd 表示针对 587.6nm 的波长的第二光学元件 M2 的材料的折射率。

[0037] [表达式 1]

$$[0038] \quad \frac{1}{\left(\frac{|RM2b|}{2}\right)} - \frac{1}{(|RM2a| + t)} = \frac{1}{s'} \quad (a1)$$

$$[0039] \quad \frac{(s' - t) \times Nd}{(Nd + 1)} = Rap1 \quad (a2)$$

[0040] 当假设以上表达式时, 可以满足以下条件:

[0041] $Rap1 \times 0.8 < |RM2a| < Rap1 \times 1.2 (4)$

[0042] 此外, d 表示在光轴上从在第一光学元件 M1 中形成背面反射器 M1b 的表面到在第二光学元件 M2 中形成背面反射器 M2b 的表面的距离。L 表示从设置物体的位置到图像表面的距离(整个长度)。满足以下条件:

[0043] $L/d < 4.5 (5)$

[0044] 条件表达式(1)用于实现可见光范围中的高光学性能。当不满足条件表达式(1)时, 变得难以在宽图像拾取区域中保持高分辨率并且实现高光学性能的同时在整个可见光范围中很好地校正像差。

[0045] 条件表达式(2)和(3)用于很好地校正二次色差。当不满足这些条件表达式时, 二次色差的校正变得困难, 并且因此是不期望的。

[0046] 条件表达式(4)用于在第二光学元件 M2 中的物体侧的表面 M2a 中提供负折光力, 并且减少宽波长区域中的像差。

[0047] 表达式(a1)是这样的表达式: 该表达式确定对于反射表面 M2b 的成像关系, 并且表示物体点位于折射表面 M2a 的曲率的中心处, 图像点位于距反射表面 M2b 距离 S' 的位置处。表达式(a2)表示相对于位于距反射表面 M2b 距离 S' 的位置处的虚像的物体点的、用于折射表面 M2a 满足等光程(aplanatic)条件的曲率半径 Rap1。条件表达式(4)表示允许折射表面 M2a 离开满足等光程条件的曲率半径 Rap1 多远。条件表达式(4)中的特定范围对于其它表面中的平衡像差是必需的, 并且条件表达式(4)可以被满足用于与第一光学元件 M1 的平衡。

[0048] 在每个实施例中, 当满足三个表达式(a1)、(a2)和(4)时, 折射表面 M2a 中的像差可以如下减少。

[0049] • 光线初始地以几乎 0 度进入折射表面 M2a。

[0050] • 当由反射表面 M2b 反射的光线从折射表面 M2a 射出时, 折射表面 M2 的曲率的半径满足等光程条件。

[0051] 在每个实施例中, 变得易于通过减少具有最大有效半径的折射表面 M2a 中的像差来减少宽波长区域中的像差。

[0052] 条件表达式(5)对于使整个系统小型化是必需的。当不满足条件表达式(5)时,变得难以在缩短整个长度(光轴上从物体表面到图像表面的距离)的同时把折反射光学系统中的光通量的遮拦比率(未使用的光通量的比率)保持为低。

[0053] 条件表达式(2)、(3)、(4)和(5)的值可以设置如下:

[0054] $50 < v_{cat} (2a)$

[0055] $v_{dio} < 35 (3a)$

[0056] $Rap1 \times 0.8 < |RM2a| < Rap1 (4a)$

[0057] $L/d < 4.0 (5a)$

[0058] 接下来,将描述根据本发明的每个实施例的折反射光学系统。图2是图1中的成像系统(折反射光学系统)104的实施例1的折反射光学系统的主要部分的截面图。在图2中,成像系统(折反射光学系统)104标记为104A。

[0059] 在图2中,104A(在以下描述的其它实施例中的104B-104D)表示折反射光学系统。折反射光学系统104A包括:折反射单元CAT,其包括反射表面和折射表面,反射表面和折射表面被配置为聚集来自样本(物体)103的光通量并且在预定表面上形成中间像IM;以及场透镜单元FL,被配置为聚集来自中间像IM的光通量并且将光引入到如下所述的屈光单元DIO。折反射光学系统104A还包括屈光单元DIO,屈光单元DIO包括把中间像IM形成到图像拾取元件(图像表面)上的折射表面和孔径光阑AS。

[0060] 折反射单元CAT包括第一光学元件M1和第二光学元件M2,其中的每一个具有靠近(或围绕)光轴的光透射部分以及在周边部分的一个表面上以例如铝、银等制成的反射膜以便充当背面反射器。这里,第一光学元件M1和第二光学元件M2是所谓的曼京镜。

[0061] 第一光学元件M1包括光透射部分M1T以及在周边部分中在物体侧的表面M1a上以反射膜涂敷的背面反射部分,光透射部分M1T具有在样本(物体)103侧的凸表面,并且具有靠近光轴的正折光力。第二光学元件M2包括光透射部分M2T以及在周边部分中在图像侧的表面M2b上以反射膜涂敷的背面反射器,光透射部分M2T具有样本(物体)侧的凹表面、弯月形状、靠近光轴的负折光力。SH表示光屏蔽板,其屏蔽来自样本103的光通量当中靠近光轴的光通量,并且防止光进入靠近光轴的图像拾取元件105。光屏蔽板SH设置在孔径光阑AS上或其附近。

[0062] 图2中表示的折反射光学系统104A受来自照明光学系统102的光通量照明,从样本103射出的光通量穿过第一光学元件(曼京镜)M1的中心透射部分M1T。然后,光通量进入第二光学元件(曼京镜)M2的折射表面M2a、在后表面M2b上反射,穿过反射表面M2a,进入第一光学元件M1的折射表面M1b。然后,光通量在第一光学元件M1的后表面M1a上反射,穿过折射表面M1b和第二光学元件M2的中心透射部分M2T到达场透镜侧,并形成样本103的中间像IM。中间像IM形成在场透镜FL中的透镜内部。中间像IM被包括多个屈光元件的屈光单元DIO放大并且形成在图像拾取元件105上。图像拾取元件105上形成的样本103的图像受图像处理系统106处理,并且显示在显示器107上。

[0063] 该实施例通过使得作为两个曼京镜的第一光学元件M1和第二光学元件M2的背面反射表面M1a和M2b为非球面来在不产生色差的情况下良好地校正球面像差。此外,其将强发散效果提供给第二光学元件M2的折射表面M2a,由此提供以下光学效果。

[0064] • 可以使具有正透镜效果的第一光学元件M1的中心附近的光透射部分小于有效

直径。

[0065] •由于折反射单元 CAT 和屈光单元 DIO 的轴向色差可以抵消,因此可以加强屈光单元 DIO 的凸透镜光学能力(正透镜的折光力)并且可以容易地使得整个长度较小。

[0066] 在此情况下,可以通过使用具有比屈光单元 DIO 的正透镜更低色散的用于折反射单元 CAT 的玻璃材料来减少二次色差。

[0067] 在正常屈光系统中,使得正透镜的光学能力比负透镜的光学能力更强,以形成图像。因此,通过使用用于正透镜的具有低色散的低色散玻璃材料和用于负透镜的高色散玻璃材料来校正色差。在此情况下,低色散和高色散的玻璃材料对于波长展现不同的折射率改变率,并且产生二次色差。

[0068] 另一方面,即使使得折反射单元 CAT 的负折射表面 M2a 的(折光)能力较大,该实施例中的折反射光学系统 104A 也可以通过加强不产生色差的反射表面 M2b 中的光学能力来形成图像。因此,可以通过使用用于折反射单元 CAT 的玻璃材料的具有低色散(具有大阿贝数)的玻璃材料来减少二次色差。折反射单元 CAT 具有较差的离轴像差校正性能。因此,为了获得宽观察范围,该实施例通过对于屈光单元 DIO 的一部分使用具有高色散(具有小阿贝数)的玻璃材料来校正离轴色差以获得宽观察区域。其通过把场透镜 FL 设置得邻近中间像 IM 来进一步减少离轴色差。

[0069] 在这种情况下,通过满足上述条件表达式(1),可以在宽区域中保持高分辨率的同时在整个可见光范围中良好地校正像差。

[0070] [实施例 1]

[0071] 该实施例将光聚集效果提供给折反射单元 CAT 中的第一光学元件 M1 的反射表面 M1a 和第二光学元件 M2 的反射表面 M2b。因此,即使通过加强屈光单元 DIO 的光学能力来缩短整个长度,也可以容易地改进 Petzval 和。这是因为,Petzval 和在反射与折射表面之间相反地起作用。此外,两个反射表面 M1a 与 M2b 之间的间隔应分离到一定程度,以便使第一光学元件 M1 和第二光学元件 M2 的中心透射部分小于有效直径。在此情况下,如果两个反射表面 M1a 和 M2b 之间的间隔 d 与整个长度 L 满足上述条件表达式(2),则可以在保持整个长度较小的同时减小遮拦比率。

[0072] 在实施例 1 的折反射光学系统中,物体侧的数值孔径 NA 是 0.7,成像放大率是 4 倍,样本 103 的物体高度是 $\phi 20\text{mm}$ 。物体 103 侧被配置成远心的,光瞳中的遮拦比率下降到表面积比率中的百分之二十或更低。对于白光的波像差(wavefront aberration)的最坏值下降到 $100\text{m}\lambda$ (rms) 或更低。

[0073] [实施例 2]

[0074] 图 4 是根据本发明实施例 2 的折反射光学系统 104B 的主要部分的截面图。作为图 2 中的对应元件的图 4 中的这些元件由相同的附图标记表示。实施例 2 的配置几乎与实施例 1 的配置相同。实施例 2 与实施例 1 不同在于,中间像 IM 被形成在场透镜 FL 中的粘合透镜的接合表面附近。

[0075] 在实施例 2 的折反射光学系统中,物体侧的数值孔径 NA 是 0.7,成像放大率是 4 倍,样本 103 的物体高度是 $\phi 20\text{mm}$ 。与实施例 1 不同,对象侧和图像侧都被配置成远心的,并且光瞳中的遮拦比率下降到表面积比率中的百分之二十或更低。对于白光的波像差的最坏值下降到 $50\text{m}\lambda$ (rms) 或更低。

[0076] [实施例 3]

[0077] 图 6 是根据本发明实施例 3 的折反射光学系统 104C 的主要部分的截面图。作为图 2 中的对应元件的图 6 中的这些元件由相同的附图标记表示。实施例 3 的配置几乎与实施例 1 的配置相同。实施例 3 与实施例 1 不同在于,中间像 IM 被形成在场透镜 FL 中的透镜的折射表面上。

[0078] 在实施例 3 的折反射光学系统中,物体侧的数值孔径 NA 是 0.7,成像放大率是 6 倍,样本 103 的物体高度是 $\phi 17.5\text{mm}$ 。物体侧和图像侧都被配置成远心的,光瞳中的遮拦比率下降到表面积比率中的百分之二十或更低。对于白光的波像差的最坏值下降到 $50\text{m}\lambda$ (rms) 或更低。

[0079] [实施例 4]

[0080] 图 8 是根据本发明实施例 4 的折反射光学系统 104D 的主要部分的截面图。作为图 2 中的对应元件的图 8 中的这些元件由相同的附图标记表示。实施例 4 与实施例 1 不同在于折反射单元 CAT 的配置。实施例 4 与实施例 1 不同在于,在折反射单元 CAT 中的第一光学元件 M1 与第二光学元件 M2 之间提供平行平板 PL。

[0081] 来自样本 103 的光通量两次穿过平行平板 PL,并且射出到场透镜 FL 侧。

[0082] 该实施例通过在平行平板 PL 的中心处设置光屏蔽板 SH 来在光到达屈光单元 DIO 之前屏蔽光轴附近的光通量。因此,可以减少屈光单元 DIO 内部生成的不必要的光。

[0083] 此外,平行平板 PL 包括倾斜单元,因此可以调整由组装时的透镜的偏心率而生成的彗形像差。

[0084] 此外,实施例 4 与实施例 1 不同在于,中间像 IM 被形成在构成场透镜 FL 的透镜之间。

[0085] 在实施例 4 的成像系统中,物体侧的数值孔径 NA 是 0.7,成像放大率是 4 倍,物体高度是 $\phi 20\text{mm}$ 。物体侧和图像侧都被配置成远心的,遮拦比率下降到表面积比率中的百分之二十或更低。对于白光的波像差的最坏值下降到 $50\text{m}\lambda$ (rms) 或更低。

[0086] 虽然已经参照示例性实施例描述了本发明,但应理解,本发明不限于这些实施例,其可以在要点范围内被多样地变形和修改。例如,本发明可应用于被配置为扫描大屏幕的图像拾取装置和不是扫描器的图像拾取装置。

[0087] 下文中,将描述每个实施例的数值示例。表面号表示从物体表面(样本表面)到图像表面的光学表面的顺序。 r 表示第 i 光学表面的曲率半径。 d 表示第 i 光学表面与第 $i+1$ 光学表面之间的间隔。正号被设置给从物体侧到图像侧的测量(随着光行进),负号被设置给相反方向。

[0088] N_d 和 v_d 分别表示针对 587.6nm 的波长的材料的折射率和阿贝数。

[0089] 非球面表面的形状表示为如以下公式所示的普通非球面表面。在以下公式中, Z 表示光轴方向上的坐标, c 表示曲率(曲率半径 r 的倒数), h 表示距光轴的高度, k 表示圆锥常数, a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g 、 h 、 i ……分别表示四阶、六阶、八阶、十阶、十二阶、十四阶、十六阶、十八阶、二十阶……的非球面系数。

[0090] [表达式 2]

[0091]

$$Z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{(1+k)c^2h^2}} + ah^4 + bh^6 + ch^8 + dh^{10} + eh^{12} + fh^{14} + gh^{16} + hh^{18} + ih^{20} + \dots$$

[0092] “E-X”表示“10^{-x}”。表 5 总结每个上述条件表达式与以下数值示例之间的关系。

[0093] (数值示例 1)

[0094] v cat=58.90

[0095] v dio=27.58

[0096] L/d=3.65

[0097] Rapl=146.43

[0098]

表面号	r	d	Nd	vd
物体表面	13.39			
1	906.36	17.06	1.52	58.90
2	-3997.78	110.10		
3	-126.68	9.90	1.52	58.90
4	-177.35	-9.90	1.52	58.90
5	-126.68	-110.10		
6	-3997.78	-17.06	1.52	58.90
7	906.36	17.06	1.52	58.90
8	-3997.78	110.10		
9	-126.68	9.90	1.52	58.90
10	-177.35	10.00		
11	201.21	7.93	1.49	70.40
12	-66.18	3.03		
13	-48.21	5.11	1.76	27.58
14	-62.18	10.24		
15	225.57	11.90	1.62	60.32
16	-72.13	10.13		
17	-52.69	5.00	1.68	31.65
18	-99.47	0.50		
19	87.94	11.85	1.62	60.32
20	26624.84	26.26		
21	186.16	11.47	1.74	43.26
22	-153.01	21.01		
23	光阑	70.00		
24	165.44	17.86	1.62	60.34
25	-287.50	0.50		
26	114.40	17.33	1.74	44.86

[0099]

27	-523.65	7.90		
28	-151.69	5.00	1.63	35.31
29	-2579.73	47.14		
30	-41.07	6.44	1.76	27.58
31	-94.38	7.81		
32	-50.16	15.84	1.64	46.53
33	-36.60	8.81	1.74	44.85
34	-72.23	10.50		

[0100] 图像表面

[0101] [表 1]

[0102]

非球面系数				
表面号	k	a	b	c
1,7	0.00E+00	4.53E-09	9.23E-14	6.79E-18
4,10	0.00E+00	3.81E-09	1.60E-13	5.83E-18
22	0.00E+00	4.42E-07	2.82E-11	2.17E-14
25	0.00E+00	-2.29E-07	2.22E-11	8.97E-15
29	0.00E+00	5.70E-07	-1.67E-10	-3.30E-14
30	0.00E+00	2.45E-06	4.62E-10	6.15E-13
非球面系数				
表面号	d	e	f	g
1,7	1.53E-21	-2.53E-25	2.28E-29	-7.53E-34
4,10	8.48E-23	1.83E-26	-6.46E-31	3.14E-35
22	-1.14E-17	3.32E-21	0.00E+00	0.00E+00
25	-3.08E-18	3.19E-22	0.00E+00	0.00E+00
29	1.29E-17	-1.42E-21	0.00E+00	0.00E+00
30	-3.59E-16	3.36E-19	0.00E+00	0.00E+00

[0103] (数值示例 2)

[0104] v cat=70.24

[0105] v dio=25.43

[0106] L/d=3.81

[0107] Rap1=147.19

[0108]

表面号	r	d	Nd	vd
物体表面	13.39			
1	736.61	24.08	1.49	70.24
2	-9661.75	97.67		
3	-118.31	9.38	1.49	70.24
4	-170.29	-9.38	1.49	70.24
5	-118.31	-97.67		
6	-9661.75	-24.08	1.49	70.24
7	736.61	24.08	1.49	70.24
8	-9661.75	97.67		
9	-118.31	9.38	1.49	70.24
10	-170.29	10.00		
11	-458.41	5.89	1.64	58.37
12	-119.83	3.29		
13	-54.79	5.00	1.65	33.79
14	-998.82	11.55	1.62	60.25
15	-54.52	0.73		
16	79.77	7.04	1.62	60.29
17	483.74	34.05		
18	59.02	11.53	1.76	40.10
19	109.31	0.50		
20	65.70	20.52	1.49	70.35
21	-118.81	26.00		
22	光阑	18.84		

[0109]

23	-49.26	33.31	1.81	25.43
24	-79.27	0.50		
25	122.53	26.67	1.64	55.38
26	-86.46	0.50		
27	57.90	15.51	1.49	70.35
28	78.67	17.39		
29	-124.44	5.74	1.57	42.86
30	58.49	15.64		
31	-147.56	8.96	1.76	47.82
32	-75.81	11.90		
33	-59.72	8.10	1.60	38.03
34	272.55	9.12		
35	-178.62	19.27	1.72	34.72
36	-68.40	0.50		
37	1362.89	16.90	1.51	60.49
38	-142.77	10.50		

[0110] 图像表面

[0111] [表 2]

[0112]

非球面系数				
表面号	k	a	b	c
1,7	0.00E+00	6.72E-09	6.14E-14	2.27E-17
4,10	0.00E+00	5.58E-09	2.43E-13	9.28E-18
17	0.00E+00	6.69E-07	-6.19E-11	3.77E-14
19	0.00E+00	9.53E-07	2.89E-10	2.54E-14
26	0.00E+00	4.94E-07	1.25E-11	2.56E-15
30	0.00E+00	1.32E-06	1.83E-10	-1.01E-13
38	0.00E+00	-6.34E-07	9.02E-12	-3.52E-14
非球面系数				

[0113]

表面号	d	e	f	g
1,7	-9.74E-22	1.18E-25	-5.31E-30	2.75E-34
4,10	1.61E-22	2.65E-26	-9.34E-31	5.28E-35
17	-1.71E-16	1.20E-19	0.00E+00	0.00E+00
19	-5.14E-18	5.40E-21	0.00E+00	0.00E+00
26	-9.15E-19	1.58E-22	0.00E+00	0.00E+00
30	-2.77E-18	-2.19E-21	0.00E+00	0.00E+00
38	9.31E-18	-1.34E-21	0.00E+00	0.00E+00

[0114] (数值示例 3)

[0115] v cat=52.43

[0116] v dio=27.58

[0117] L/d=3.33

[0118] Rapl=157.37

[0119]

表面号	r	d	Nd	vd
物体表面	15.87			
1	754.25	22.79	1.52	58.90
2	3256.39	116.10		
3	-153.11	11.11	1.52	52.43
4	-204.85	-11.11	1.52	52.43
5	-153.11	-116.10		
6	3256.39	-22.79	1.52	58.90
7	754.25	22.79	1.52	58.90
8	3256.39	116.10		
9	-153.11	11.11	1.52	52.43
10	-204.85	10.00		
11	122.17	5.52	1.74	44.85
12	339.11	3.40		

[0120]

13	-68.55	5.00	1.72	29.36
14	98.91	8.26	1.63	59.19
15	-51.33	0.50		
16	56.66	8.68	1.67	52.17
17	143.94	16.52		
18	59.18	15.25	1.68	51.06
19	-110.80	1.81		
20	3064.28	5.83	1.76	27.58
21	-292.44	20.31		
22	光阑	17.44		
23	-37.08	6.62	1.53	50.87
24	3195.60	3.24		
25	-523.22	14.72	1.75	34.78
26	-62.19	0.50		
27	-2164.72	20.45	1.54	65.27
28	-62.64	0.50		
29	70.84	18.40	1.74	44.85
30	-646.36	9.39		
31	-208.25	5.00	1.74	28.07
32	74.90	15.63		
33	-66.07	7.40	1.75	30.36
34	-53.61	15.34		
35	-42.41	5.00	1.57	63.50
36	34891.48	9.86		
37	-60.56	5.00	1.67	33.89
38	-1135.42	14.80		
39	-160.27	31.79	1.74	44.85
40	-74.15	0.50		
41	478.58	18.46	1.63	59.36
[0121] 42	-221.25	13.00		

[0122] 图像表面

[0123] [表 3]

[0124]

非球面系数				
表面号	k	a	b	c
1,7	0.00E+00	2.71E-09	-2.26E-14	1.08E-17
4,10	0.00E+00	3.18E-09	9.29E-14	2.40E-18
19	0.00E+00	2.08E-06	3.94E-10	-2.86E-13
23	0.00E+00	3.44E-07	7.59E-10	2.58E-13
28	0.00E+00	9.57E-08	1.47E-10	5.01E-14
34	0.00E+00	1.16E-06	-1.81E-11	8.21E-15
44	0.00E+00	-3.72E-07	2.92E-11	-1.73E-15
非球面系数				
表面号	d	e	f	g
1,7	-6E-22	3.69E-26	-1.27E-30	2.65E-35
4,10	5.30E-23	2.78E-27	-6.10E-32	3.89E-36
19	-4.35E-16	4.86E-21	0.00E+00	0.00E+00
23	-1.08E-16	1.59E-19	0.00E+00	0.00E+00
28	9.02E-18	6.69E-21	0.00E+00	0.00E+00
34	2.75E-17	-4.75E-20	0.00E+00	0.00E+00
44	-2.06E-19	3.79E-23	0.00E+00	0.00E+00

[0125] (数值示例 4)

[0126] v cat=52.43

[0127] v dio=27.58

[0128] L/d=3.65

[0129] Rapl=145.96

[0130]

表面号	r	d	Nd	vd
物体表面	13.39			
1	819.00	16.40	1.49	70.24
2	-3201.41	28.35		
3	∞	13.97	1.49	70.24
4	∞	68.55		
5	-122.05	9.54	1.52	52.43
6	-172.82	-9.54	1.52	52.43
7	-122.05	-68.55		
8	∞	-13.97	1.49	70.24
9	∞	-28.35		
10	-3201.41	-16.40	1.49	70.24
11	819.00	16.40	1.49	70.24
12	-3201.41	28.35		
13	∞	13.97	1.49	70.24
14	∞	68.55		
15	-122.05	9.54	1.52	52.43
16	-172.82	10.00		
17	126.58	6.22	1.74	44.85
18	-950.12	9.32		
19	-64.86	5.00	1.68	31.36
20	537.54	8.74	1.62	60.32
21	-56.79	0.50		
22	82.22	7.50	1.49	70.41
23	635.34	23.00		
24	64.84	14.27	1.69	49.87
25	618.89	5.01	1.76	27.58
26	709.49	10.48		
27	-96.82	8.38	1.75	34.46

[0131]

28	-68.50	28.14		
29	光阑	48.00		
30	-577.36	14.75	1.74	44.85
31	-104.66	0.50		
32	116.63	19.70	1.74	44.85
33	-222.26	0.50		
34	65.69	7.94	1.76	27.58
35	70.78	13.16		
36	-483.66	5.00	1.74	28.39
37	53.97	51.45		
38	-43.90	5.00	1.62	36.83
39	-429.14	6.13		
40	-138.53	17.04	1.74	44.50
41	-58.87	0.50		
42	357.86	13.06	1.74	44.85
43	-313.15	10.50		

[0132] 图像表面

[0133] [表 4]

[0134]

非球面系数				
表面号	k	a	b	c
1,11	0.00E+00	7.19E-09	-2.15E-14	3.31E-17
6,16	0.00E+00	5.09E-09	2.20E-13	8.31E-18
23	0.00E+00	1.03E-06	1.79E-11	-3.63E-14
26	0.00E+00	7.92E-07	2.89E-10	1.07E-14
33	0.00E+00	1.89E-07	-4.72E-12	-2.07E-16
37	0.00E+00	2.31E-07	-2.63E-11	-2.63E-14
43	0.00E+00	-5.54E-07	1.02E-10	-2.53E-14
非球面系数				

[0135]

表面号	d	e	f	g
1,11	-2.42E-21	2.45E-25	-1.36E-29	4.52E-34
6,16	2.05E-22	1.85E-26	-4.31E-31	3.56E-35
23	3.77E-17	1.29E-20	0.00E+00	0.00E+00
26	-1.21E-17	2.23E-21	0.00E+00	0.00E+00
33	-9.83E-20	3.27E-23	0.00E+00	0.00E+00
37	2.69E-17	-9.30E-21	0.00E+00	0.00E+00
43	8.33E-19	3.66E-22	0.00E+00	0.00E+00

[0136] [表 5]

[0137]

条件表达式	实施例			
	1	2	3	4
(2)vcat	58.9	70.24	52.43	52.43
(3)vdio	27.58	25.43	27.58	27.58
(4)Rap1	146.43	147.19	157.37	145.96
RM2a	-126.68	-118.31	-153.11	-122.05
(5)L/d	3.65	3.81	3.33	3.65

[0138] 工业实用性

[0139] 折反射光学系统适合于放大物体以观察。

[0140] 本申请要求于 2010 年 4 月 28 日提交的日本专利申请 No. 2010-103612 的权益,其全部内容在此通过引用而合并于此。

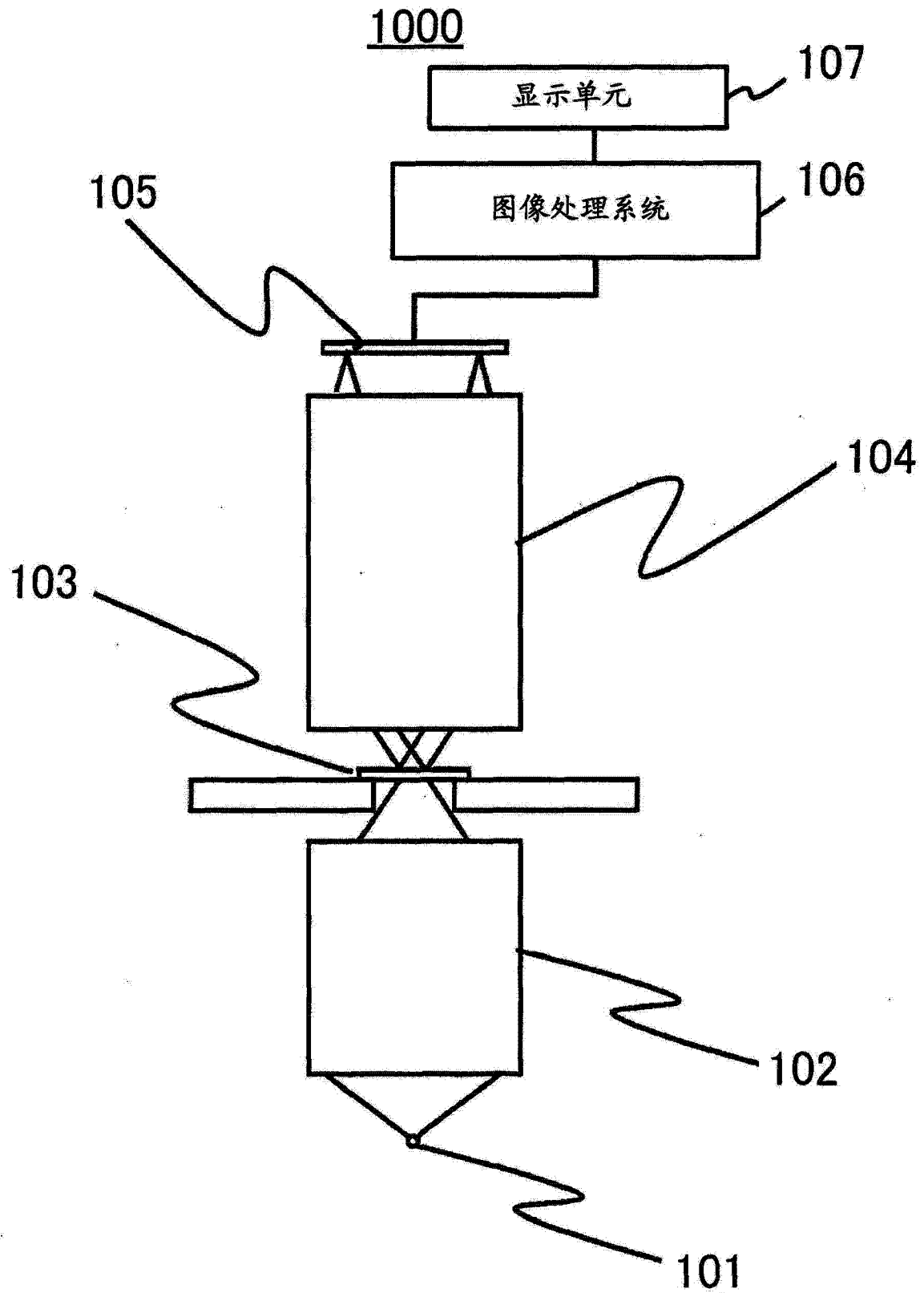


图 1

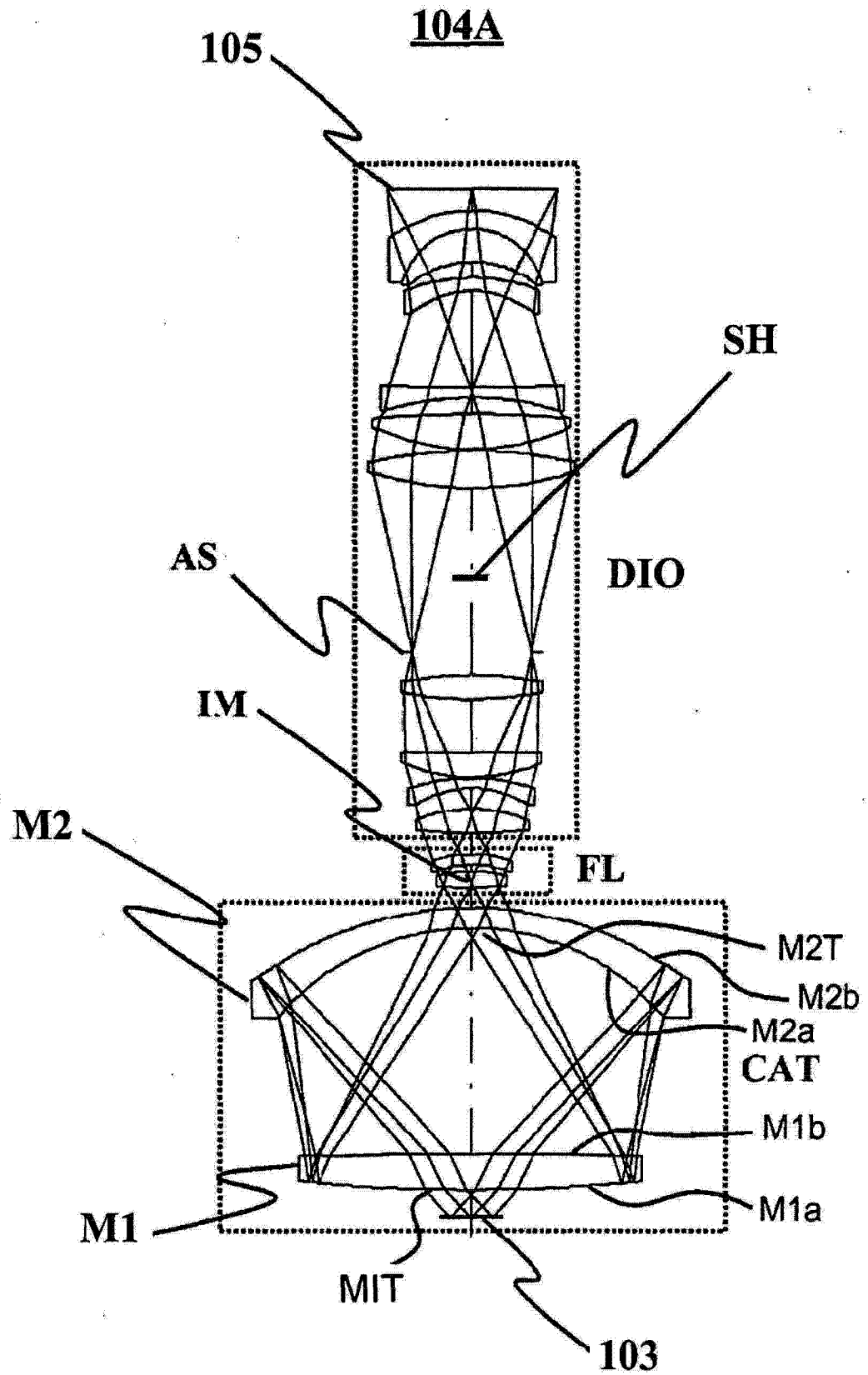


图 2

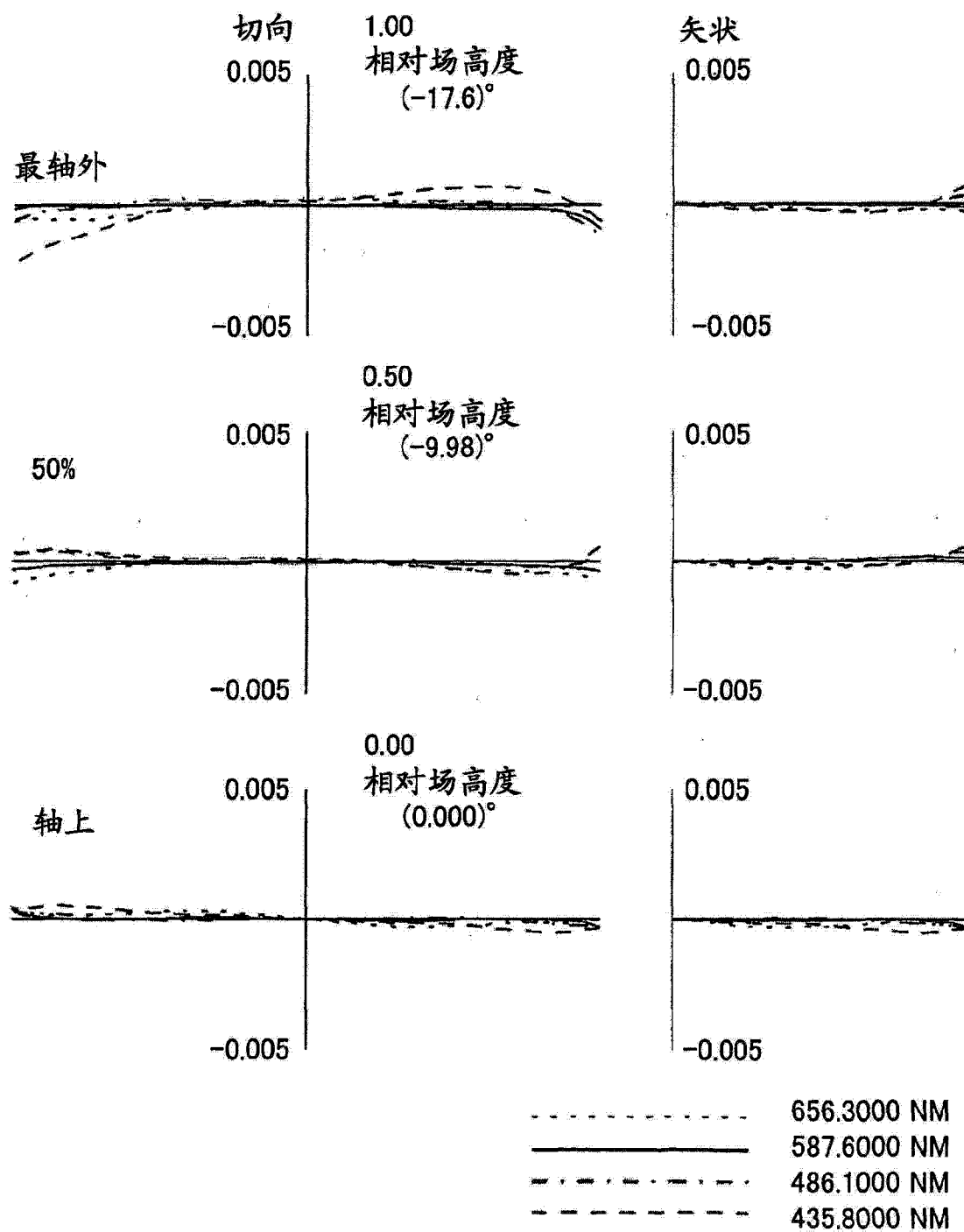


图 3

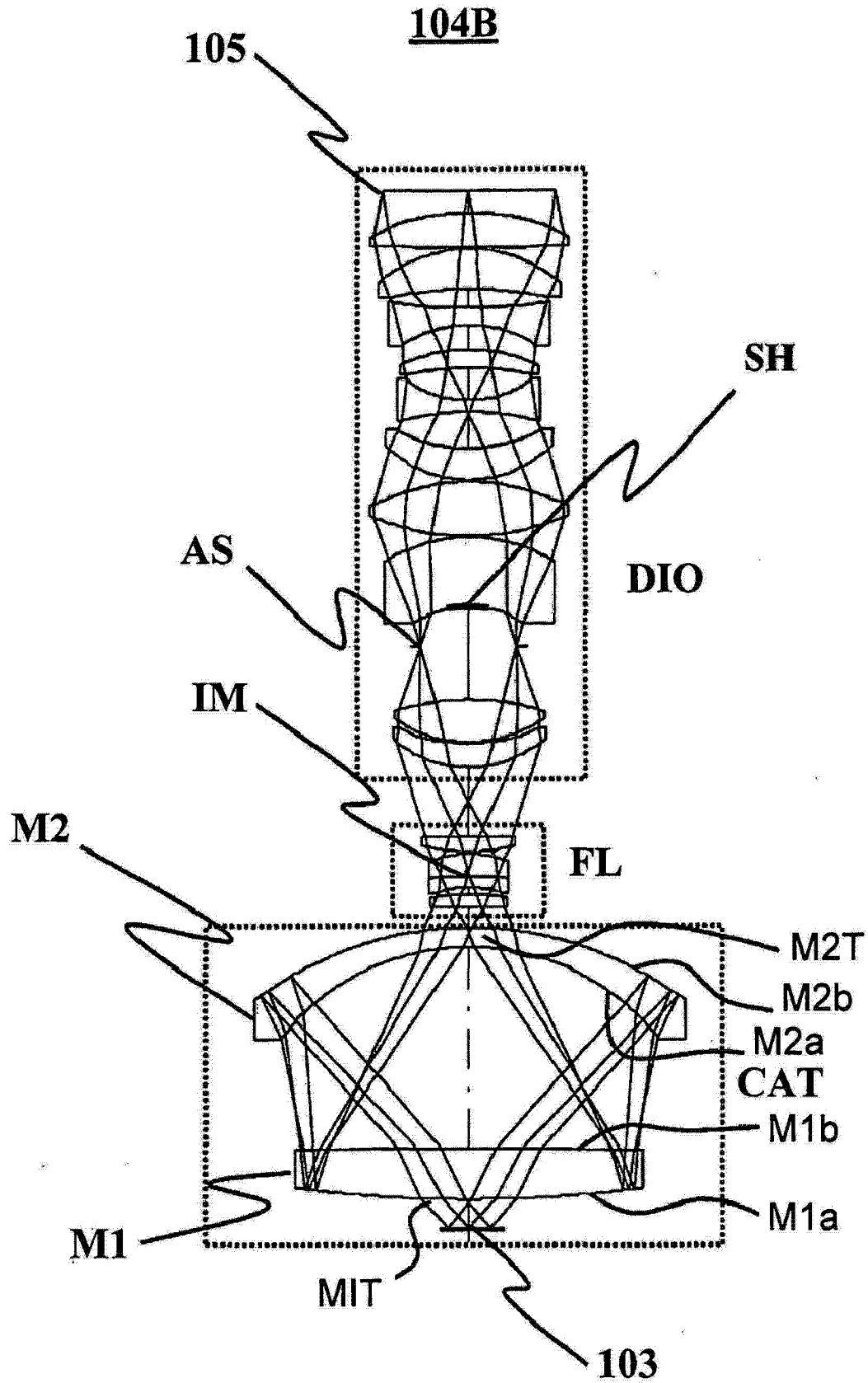


图 4

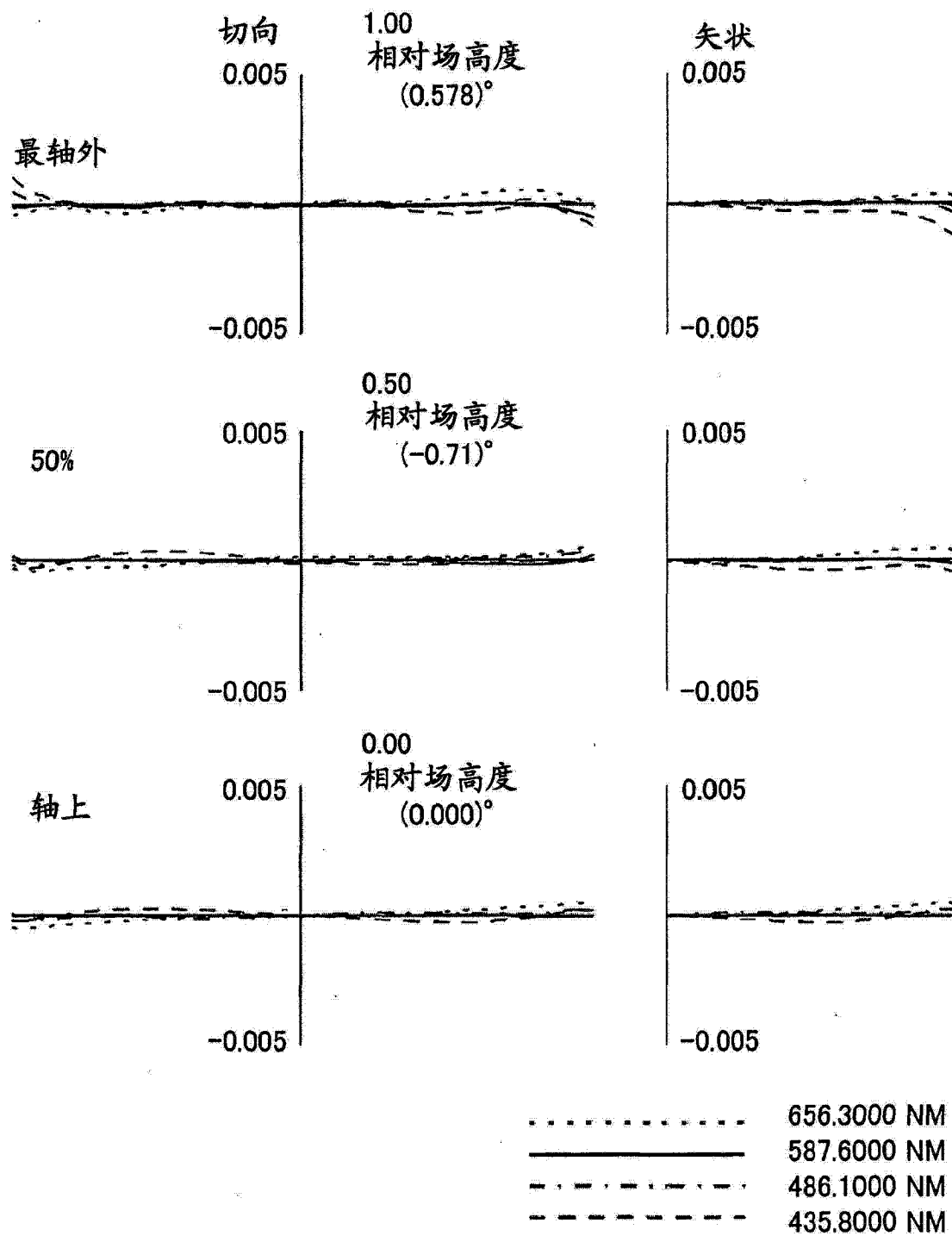


图 5

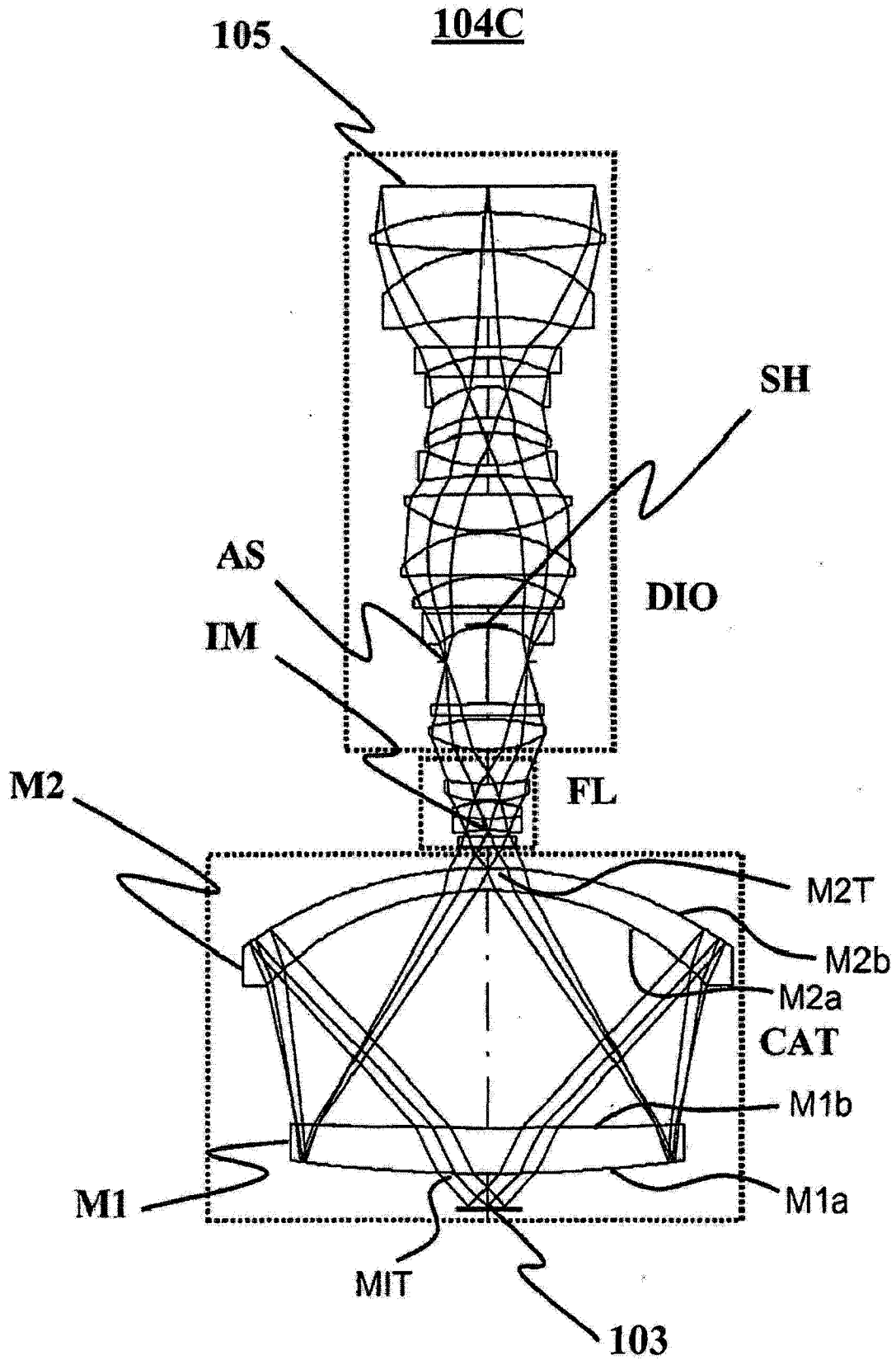


图 6

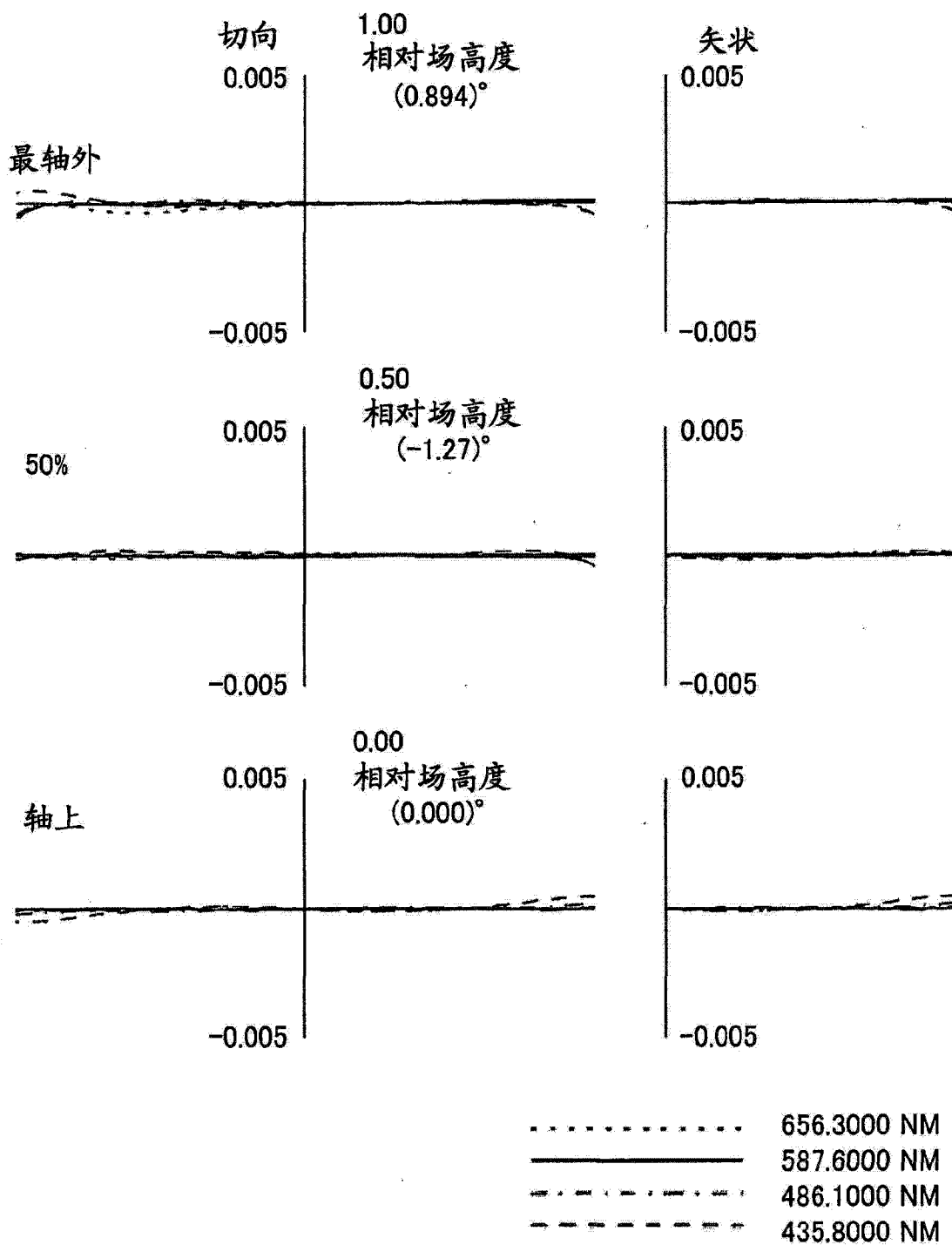


图 7

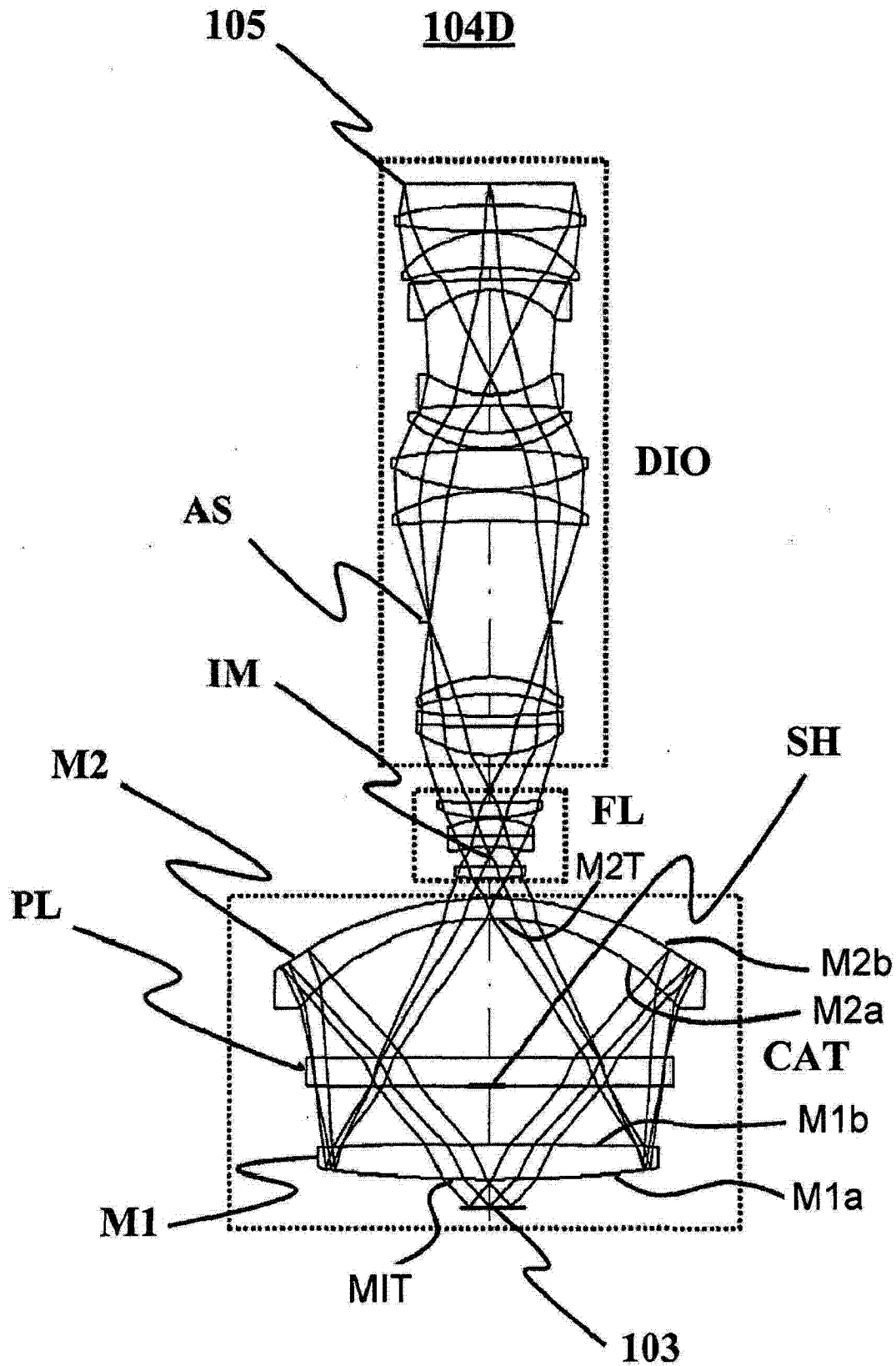


图 8

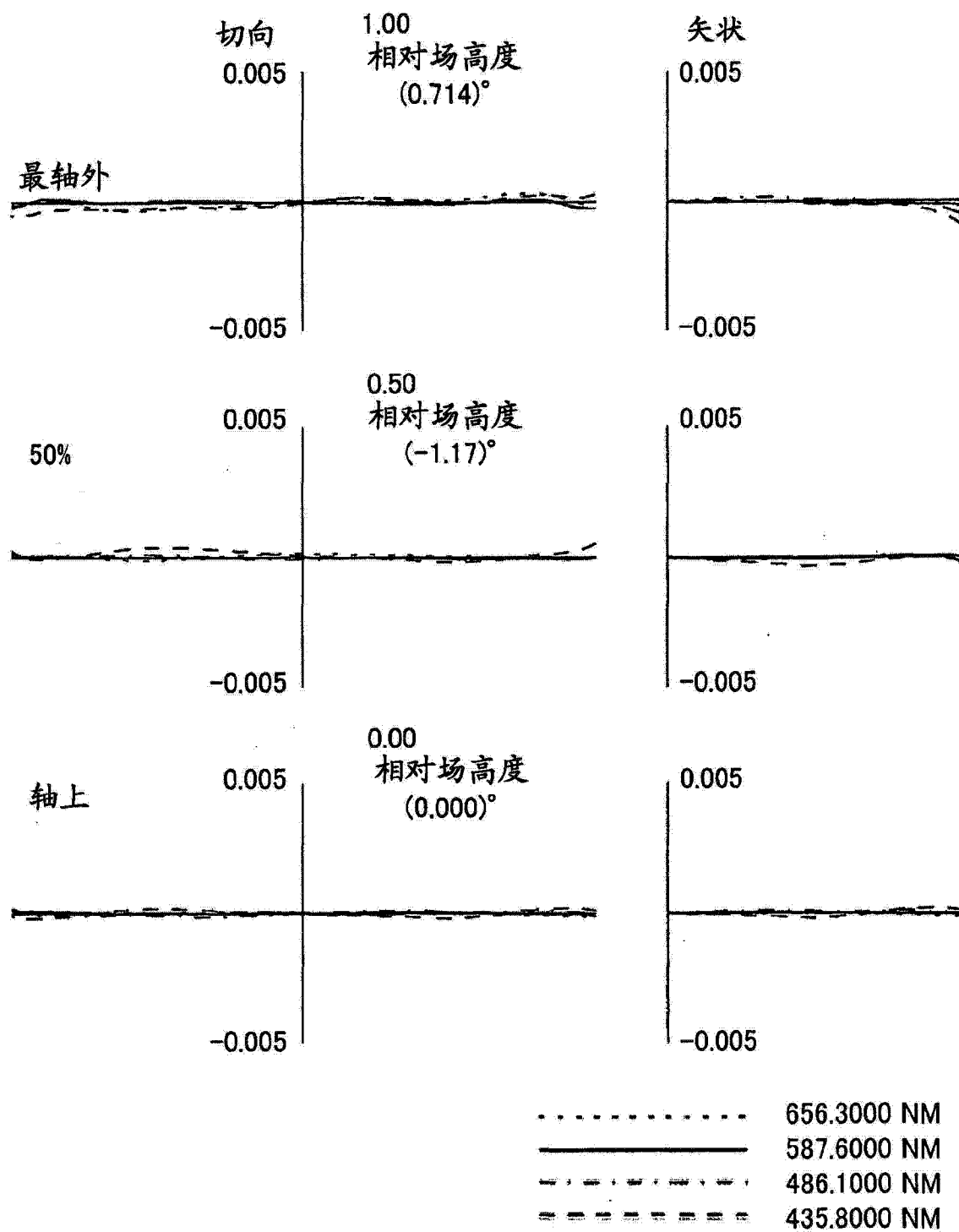


图 9