



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109640788 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201780053096.X

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

(22)申请日 2017.08.31

代理人 陈伟 王娟娟

(30)优先权数据

62/381,768 2016.08.31 US

62/539,733 2017.08.01 US

(51)Int.Cl.

A61B 3/14(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.02.27

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2017/031412 2017.08.31

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/043657 EN 2018.03.08

(71)申请人 株式会社尼康

地址 日本东京都

(72)发明人 D·威廉姆森

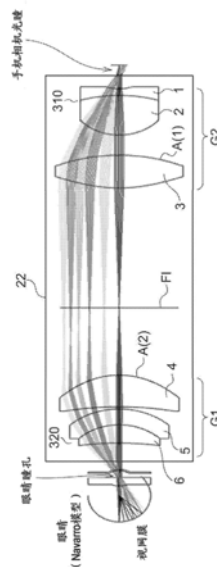
权利要求书2页 说明书14页 附图11页

(54)发明名称

基于手机的眼底相机的广角光瞳中继器

(57)摘要

一种光学成像系统,包括:容纳在移动通信设备的主体中的第一透镜系统,该第一透镜系统具有第一光轴、在与所述主体相关联的参考平面中在空间上固定的第一入射光瞳、以及第一焦距;和光学望远镜,其提供在至少486nm至至少656nm的光谱范围内的衍射受限成像。该光学成像系统被配置成:当光学望远镜插入第一透镜系统和眼睛视觉系统的入射光瞳即EPE之间时,以基本单位放大率将EPE成像到第一入射光瞳上,反之亦然。



1. 一种光学成像系统,包括:

第一透镜系统,其容纳在移动通信设备的主体中,所述第一透镜系统具有第一光轴、在与所述主体相关联的参考平面中在空间上固定的第一入射光瞳、以及第一焦距;和

光学望远镜,其在至少486nm至至少656nm的光谱范围内提供衍射受限成像,

其中,该光学成像系统被配置成:当所述光学望远镜插入在所述第一透镜系统和眼睛视觉系统的入射光瞳即EPE之间时,以基本单位放大率将EPE成像到所述第一入射光瞳上,反之亦然。

2. 根据权利要求1所述的光学成像系统,还包括:

第二透镜系统,其容纳在所述通信设备的主体中,所述第二透镜系统具有第二光轴、在所述参考平面中在空间上固定的第二入射光瞳、以及第二焦距,所述第二入射光瞳在所述参考平面中从所述第一入射光瞳横向偏移;以及

用于将所述光学望远镜连接到所述主体的装置,所述装置配置成提供使所述光学望远镜沿着位于所述参考平面中的线从第一位置到第二位置的移动,其中:

当所述光学望远镜的光轴和所述第一光轴基本重合时限定所述第一位置,

当所述光学望远镜的光轴和所述第二光轴至少部分重合时限定所述第二位置。

3. 根据权利要求2所述的光学系统,其中,所述第一光轴和所述第二光轴基本上彼此平行。

4. 根据权利要求2所述的光学系统,其中,所述光学成像系统被配置成:当所述光学望远镜插入在所述第二透镜系统和所述EPE之间时,以基本单位放大率将所述EPE成像到所述第一入射光瞳上,反之亦然。

5. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述第一透镜系统包括:具有负光功率的弯月形透镜元件,该弯月形透镜元件与正透镜元件胶合以形成光学双合透镜;以及在空间上与所述光学双合透镜分离的正光功率透镜元件。

6. 一种对视网膜成像的方法,该方法包括:

将光学望远镜定位在内置于通信设备中的第一透镜系统和眼睛之间,以在成像条件下将眼睛的入射光瞳即EPE成像到所述第一透镜系统的第一入射光瞳即EP上,所述成像条件包括:(i) 单位放大率和(ii) 在至少486nm至至少656nm的光谱范围内的衍射受限成像;

利用所述通信设备的第一传感器通过所述光学望远镜记录所述眼睛的视网膜的第一图像。

7. 根据权利要求7所述的方法,该方法还包括:

将所述光学望远镜和所述通信设备在横向于所述第一透镜系统的光轴的方向上相对于彼此重新定位,直到内置在所述通信设备中的第二透镜系统的光轴与所述光学望远镜的光学系统基本重合;

利用所述通信设备的第二传感器通过所述光学望远镜记录视网膜表面的第二图像。

8. 一种中继光学系统,其将对象眼的瞳孔中继到外部光学系统的光瞳位置,该中继光学系统包括:

第一正透镜组G1和第二正透镜组G2,其中:

所述第一正透镜组G1和所述第二正透镜组G2形成具有相同光轴的无焦系统,并且被配置成在所述对象眼的瞳孔和所述外部光学系统的光瞳之间形成共轭关系。

9. 根据权利要求8所述的中继光学系统,其中,当设置在所述对象眼和所述外部光学系统之间时,所述中继光学系统被配置成:使得所述第一正透镜组G1在所述对象眼那一侧的焦点位置与所述对象眼的瞳孔位置对准,并且使得所述第二正透镜组G2在所述外部光学系统那一侧的焦点位置与所述外部光学系统的光瞳位置对准。

10. 根据权利要求8所述的中继光学系统,其中,在所述第一正透镜组G1和所述第二正透镜组G2之间形成所述对象眼的眼底的图像。

11. 根据权利要求8所述的中继光学系统,其中,所述外部光学系统包括图像捕获透镜系统。

12. 根据权利要求8所述的中继光学系统,其中,所述外部光学系统包括便携式相机的图像捕获透镜。

13. 根据权利要求8所述的中继光学系统,其中:

所述第一正透镜组G1从所述对象眼那一侧开始依次包括正弯月形透镜和正透镜,所述正弯月形透镜具有面向所述对象眼那一侧的凹面;并且

所述第二正透镜组G2从所述对象眼那一侧开始依次包括正透镜和具有面向所述对象眼那一侧的凸面的弯月形透镜。

14. 根据权利要求13所述的中继光学系统,其中,所述第一正透镜组G1的所述正弯月形透镜形成复合正弯月形透镜,所述复合正弯月形透镜由具有面向所述对象眼那一侧的凹面的正弯月形透镜元件和具有面向所述对象眼那一侧的凹面的弯月形透镜构成。

15. 根据权利要求13所述的中继光学系统,其中,所述第二正透镜组G2的弯月形透镜元件形成由双凸透镜和双凹透镜构成的复合弯月形透镜。

16. 根据权利要求8所述的中继光学系统,其中,当 f_1 是所述第一正透镜组G1的焦距, f_2 是所述第二正透镜组G2的焦距,并且 D 是两个透镜组的主平面间隔时,基本满足以下条件:

$$f_1 + f_2 = D。$$

17. 根据权利要求16所述的中继光学系统,其中,所述第一正透镜组G1和所述第二正透镜组G2基本上形成无焦中继系统,并且满足以下条件:

$$0.9 < f_2 / f_1 < 2.2。$$

18. 根据权利要求16所述的中继光学系统,其中,满足以下条件:

$$30\text{mm} < f_1 < 50\text{mm},$$

$$30\text{mm} < f_2 < 60\text{mm}。$$

19. 根据权利要求8所述的中继光学系统,其中:

所述中继光学系统的所述第二正透镜组G2在所述外部光学系统那一侧的视角包含所述外部光学系统的视角;并且

与所述第一正透镜组G1的视角对应的所述对象眼的眼底图像经由所述第二正透镜组G2被传送到所述外部光学系统。

基于手机的眼底相机的广角光瞳中继器

技术领域

[0001] 本发明在技术上涉及2016年8月31日提交的美国临时专利申请62/381,768和2017年8月1日提交的美国临时专利申请62/539,733。这些临时申请的公开内容通过引用结合在此。

[0002] 本发明总体涉及眼睛诊断成像设备,更具体地涉及一种基于便携式手持智能手机的视网膜相机,用于捕获高质量的宽视场眼底图像。移动电话平台的使用创建了一个完全嵌入式系统,能够获取、存储和分析眼底图像,这些图像可以通过无线通信系统直接从电话传输以进行远程评估。

背景技术

[0003] 眼底成像广泛用于许多视网膜疾病的诊断,监测和管理。在当前成像系统中发现的一个限制是成像设备的庞大和静止特性。传统的眼底相机是笨重的桌面装置,由于这些装置的脆弱性、大尺寸和重量,不易移动。在实践中,这种眼底相机还迫使患者直立坐着,这对于患病和住院的患者来说可能是困难的。除了尺寸限制之外,眼底相机还需要电源来为照明、成像屏幕和数据处理单元供电。通常,该电源由中央入墙式电源插头提供,并且需要连续的电力以使眼底相机正常工作。

[0004] 虽然已经设想了数字眼底相机(其中一些基于手机或类似设备,例如iPhone;通常是移动设备),但是这些相机具有由以下任一项引起的实质操作限制:(i)所使用的移动设备的光学系统和被成像的视觉系统之间缺乏光学共轭;(ii)与视觉系统的所选表面的成像相关联的视场(FOV)不足,这导致需要对所获取的图像进行多次计算“拼接”;(iii)严重残留像差损害所得图像;和(iv)上述的组合。

[0005] 因此,仍然需要一种低成本的手持设备,其被配置为用作低成本医疗设备的替代,并且能够在其眼科检查期间记录视觉系统的表面的数字图像,同时没有表征当前已知的成像系统解决方案的操作缺点。

发明内容

[0006] 本公开的第一方面包括:容纳在移动通信设备的主体中的第一透镜系统,该第一透镜系统具有第一光轴、在与所述主体相关联的参考平面中在空间上固定的第一入射光瞳、以及第一焦距;和光学望远镜,其提供在至少486nm至至少656nm的光谱范围内的衍射受限成像,该光学成像系统被配置成:当光学望远镜插入第一透镜系统和眼睛视觉系统的入射光瞳即EPE之间时,以基本单位放大率将EPE成像到第一入射光瞳上,反之亦然。

附图说明

[0007] 通过参考以下具体实施方案的详细描述并结合未按比例绘制的附图,将更全面地理解本发明。

[0008] 图1是示出手机20的图,该手机20设置有图像捕获部(相机传感器)214,其经由窗

口214W并且经由未示出的光学系统(图像捕获透镜系统(相机镜头))捕获对象眼的眼底的图像,并且示出了附接到手机20的附件22。

[0009] 图2是第一实施方式的光学组件的示意图,其补充便携式设备的出射光瞳并将手机相机光瞳的图像中继到眼睛瞳孔上。

[0010] 图3包括用于针对不同的场高度表征图2的第一实施方式的衍射受限的成像质量的点图。

[0011] 图4示出了光学组件500的第二实施方式,其表示配置成本发明构思的无焦中继系统,并且与人眼的Navarro模型组合示出。

[0012] 图5示出了针对不同场高的图4的第二实施方式的点图。

[0013] 图6A是示出第一实施方式中的眼底图像捕获视场与图像传感器之间的尺寸关系的图。

[0014] 图6B是示出第二实施方式中的眼底图像捕获视场与图像传感器之间的尺寸关系的图。

[0015] 图7是示出根据第三实施方式的附件22的配置的示意图。

[0016] 图8是示出根据第四实施方式的附件22的配置的示意图。

[0017] 图9是示出根据第五实施方式的附件22的配置的示意图。

[0018] 图10是示出手机20的电气配置的图。

[0019] 图11是说明附件22和手机20的使用方法的流程图。

[0020] 通常,图中元件的尺寸和相对比例可以设置为与实际不同,以适当地简化、清楚和理解附图。出于同样的原因,并非一幅图中的所有元素都必须在另一幅图中显示。

具体实施方式

[0021] 图1示出了手机20,其设置有图像捕获部(相机传感器)214,其经由窗口214W并且经由未示出的光学系统(图像捕获透镜系统(相机镜头))捕获对象眼的眼底的图像,并且图1示出了附件22,其附接到手机20。

[0022] 在本发明的说明中,手机与被称为移动通信设备、移动电话或无线通信系统的设备相同,并且眼底相机与被称为基于便携式手持智能电话的视网膜相机或低成本手持设备的设备相同。

[0023] 手机相机镜头是相机传感器上的成像镜头。当然,这些已经由手机制造商提供。

[0024] 本发明人利用手机相机镜头的非常有用的特性。即,镜头近似衍射受限,并且入射光瞳位于镜头的前部,就在手机相机的窗口内。

[0025] 如果手机同时具有广角和长焦相机,则它们的入射光瞳基本上位于同一位置。这意味着如果手机横向机械移动,则可以使用任何一个手机相机。因此,可以在40dg和80dg视场眼底相机之间没有大的像素损失的情况下进行简单的变焦。

[0026] 手机相机镜头的另一个有用特征是视场类似于眼底相机所需的视场,因此瞳孔中继可以接近1倍放大率,这意味着横向色差和失真可以很小,并且光学设计比较简单。

[0027] 粗对焦是透镜组G1和第二透镜组G2之间的分离的机械调整,以适应不同患者的屈光度设置。精细对焦是手机相机的内置自动对焦系统。

[0028] 根据本发明的公开实施方式,公开了一种模块化设备及其使用方法,用于手持式

眼睛成像设备,其补充有成像光学检测系统(相机)和移动电话的可编程处理器(可选地,平板电脑或另一智能设备)可操作地耦合到光学元件和照明元件,被配置为在非临床位置对眼睛(例如视网膜)的结构成像。该模块化设备提供多功能(荧光素成像、荧光、明视场、红外(IR)成像、近红外(NIR)成像)和眼睛的多区域成像(视网膜、角膜、外部等)以及图像处理、存储和用于远程存储和评估的无线数据传输的增加特征。获取的眼部图像也可以直接从设备传输到患者的电子病历,而不需要中间计算机系统。

[0029] 视网膜的视场(FOV)是眼底成像的技术规范,是眼底相机开发中的重要考虑因素。FOV描述了视网膜成像穿过的眼睛瞳孔的角度。来自设备的照明光进入视网膜,来自视网膜的反射光用于在设备的传感器处形成图像。标准眼底相机具有大约40-45度的视场。

[0030] 例如,在<peekvision.org/what-it-does>中公开的数字成像系统(这里称为Peek系统)中,使用手机相机通过尽可能靠近用户眼睛放置来拍摄用户视网膜的照片。在这种情况下,手机光学系统的入射光瞳(EP)(通常位于就在其前窗内的前透镜元件处)不与用户的眼睛EP或虹膜(即,正在检查的视觉系统的EP)光学共轭。(在<www.d-eyecare.com>中公开了类似地配置和操作限制的设备。)。结果,如本领域技术人员将容易理解的,由所采用的光学系统形成的视网膜的图像不可避免地包含大量的像差,在正常的未矫正/无人看管的情况下,不允许用户正确地评估期望成像的视网膜的状况/状态。具体地说,与Peek系统的视网膜成像相关的FOV因此基本上受到眼睛瞳孔直径与视神经和黄斑区域周围的中央凹区域的尺寸之比的限制,并且图像质量差。虽然该方案为一些视网膜病变提供了有用的低成本诊断信息,但是以更高的分辨率对视网膜的更大区域成像将是有利的,使得可以观察到其他更微妙的视网膜病变。

[0031] <bosch-eyecare.com/en/eyecare/products/fundus_imaging/fundus_imaging.html>中描述的博世眼底相机也仅限于在 ± 40 度视场范围内成像;Jedmed描述了类似的系统:<jedmed.com/products/portable-fundus-camera>。Volk Optical提供的方案是在视网膜表面成像方面操作受限的系统的另一个示例(参见<veatchinstruments.com/Volk-Pictor-Plus-Portable-Retinal-Camera>)。

[0032] 与现有技术的现有眼底相机相关的操作问题(具有低视场,导致需要对从视网膜获取的光学数据进行多次计算“拼接”,并具有显著的残余像差,导致得到的“拼接”图像整体质量有害地降低)通过提供这样的紧凑、低成本的眼底相机来解决,该眼底相机具有宽的80度(全角度)FOV,配置为消色差无焦中继器(望远镜),以接近1倍的放大率操作,以实现2毫米直径(未扩大的)眼睛瞳孔以衍射受限分辨率到移动设备的光学系统的空间固定EP中的成像。

[0033] 本发明的实施方式利用手机(或其它移动设备)的典型内置成像光学系统的参数,其具有约75至80度的全角FOV并且假设没有像差或渐晕(这是考虑到本领域已知的这种光学系统的标称衍射受限性能的合理假设)和直径约2mm的EP尺寸(移动设备的EP在空间中固定),以提供大约1倍光学中继系统,用于将眼睛的EP成像到移动设备的EP。

[0034] 考虑到通常在波纹眼的EP和典型移动设备的光学系统的EP之间可获得的尺寸匹配,本发明的无焦中继器被构造成提供大约1倍放大率的成像,从而确保在大约80度的眼睛入口的全角FOV。这大约是现有技术的典型眼底相机的两倍,并且是人眼的全水平视场的大约一半。因此,与典型的眼底相机相比,使用本发明透镜的单次成像曝光覆盖了视网膜的显

著更大的区域。此外,在尝试用本发明的透镜系统获得的视网膜的若干次(例如,四次)拍摄图像的空间拼接的情况下,不仅“拼接”图像覆盖整个视网膜,而且拼接将在拼接的各个场之间保持近50%的重叠时可用。本领域技术人员将容易理解,使用现有技术中描述的系统,组成的单独图像的这种空间重叠是不可能的。因为现有系统具有小得多的视场(40度或更小),所以必须重叠更多的单个图像(用现有系统获取)以覆盖整个视网膜(约160度),或者另选地具有更小的重叠。然而,在本领域中认识到,组成图像之间或之中的重叠越大,所得到的拼接图像的质量越好,因为存在更多特征(在视网膜成像的情况下主要是血管)用于对准。本实施方式的优点在于每个单独的组成图像覆盖更多的视网膜表面,从而当形成所得到的拼接图像时,可以担负组成图像之间的重叠区域的增加。

[0035] 图2示出了通过第一实施方式的透镜系统的实施的Y-Z横截面,这里该透镜系统被配置为旋转对称的屈光无焦中继器(望远镜)。为方便起见,如图所示,光线从图2右侧的手机相机EP通过附件22中的光学系统追踪到图2左侧的Navarro模型眼睛。最靠近手机相机光瞳的透镜元件在图2中标记为元件1;下一个透镜元件是元件2,依此类推,而视网膜表面被称为像平面。该设计包括两个胶合的双合透镜(眼睛的EP 320和手机相机透镜的EP 310),而单正双凸透镜3在本实施方式中存在的光学元件中具有最高的会聚能力。胶合的双合透镜320由向眼睛侧凹入的正弯月形透镜元件6和向眼睛侧凹入的弯月形透镜元件胶合而成。第一透镜组G1包括胶合的双合透镜320和向眼睛侧凹入的正弯月形透镜元件4。胶合的双合透镜310由与双凸正透镜元件2胶合的双凹负透镜元件1组成。第二透镜组G2包括胶合的双合透镜310和正双凸透镜元件3。

[0036] 接近1倍放大率工作是理想的,并且相对于现有技术的系统提供了明显的操作优势,因为这种光学配置有助于校正横向色差和畸变像差,这与现有技术的系统形成鲜明对比。图2的光学设计被配置为补偿(Navarro模型)眼睛(2mm眼睛瞳孔直径,健康人眼几乎是衍射受限的)的像差并且在整个80度FOV范围内提供接近衍射受限的分辨率。图3中提供了该操作特性的证据,其示出了在三个识别的波长,643.85nm、546.1nm和479.99nm处与球形视网膜局部相切的平面中的光线像差(点图)。如图3所示,并且通过每个波长落于艾里斑曲线内的点图令人信服地证明,在整个可见光谱上基本上校正了像差,但在光谱的红端(来自视网膜的反向散射光比蓝色光强约五倍之处,这在视网膜成像期间在操作上是优选的)甚至更小。跨越可见光谱的这种衍射受限性能在很大程度上且有利地将所提出的发明与现有技术的发明区别开来。在实践中,所提出的光学系统的设计使得通过平衡普通眼睛的典型光学像差与本发明实施方式的目镜部分的光学像差来实现视网膜的衍射受限成像。

[0037] 关于在本发明的系统的实施方式中使用的物镜,有几处说明。表1、2和3提供表示图2的第一实施方式的透镜元件的光学组件(序列)的数据,表4、5和6提供表示图4的第二实施方式的透镜元件的光学组件(序列)的数据,图4的实施方式形成根据本发明的思想配置的透镜系统。用代码V生成实施方式的设计规定,并参考相应的附图进行讨论。在这些表中,从最接近物体/目标平面(图4中所示)开始朝向眼睛视网膜表面,将光学元件和可能的分离一些元件的介质以“向后”的方式编号。如本领域技术人员所理解的,这种对光学元件编号的方法使得在光学设计过程中更容易定义NA和表征系统在图像空间(即在眼睛的空间)中的行为的参数。在表4和图4中,与物体最接近的透镜元件均标记为元件1,下一个透镜元件是元件2,依此类推,而视网膜表面被称为像平面。值得注意的是,选择与人眼的Navarro模

型的组合,其典型的光学特性和几何特征必须包括在本发明的中继系统的设计中,以便对系统进行适当的评估。

[0038] 给定表面的正半径值表示该表面的曲率中心位于该表面的左侧,而负半径值表示曲率中心位于该表面的右侧;尺寸以毫米为单位;厚度定义为从给定表面到下一表面的轴向距离;并且指示的图像直径是近轴值而不是光线跟踪值。另外,关于色差的描述(如果存在),单色和多色设计之间的斯特列尔比的减小表示在指定光谱带上的色差的对比度损失,而最佳单个焦点的变化表示残余场曲率。

[0039] 出于本公开和所附权利要求的目的,关于目前的值、元素、性质或特征的描述符使用术语“基本上”、“近似”、“约”和类似术语旨在强调无论如何将出于实际目的如本领域技术人员所称的考虑所提及的值、元素、性质或特性,尽管不一定完全如所称的。应用于特定特征或质量描述的这些术语意味着“大部分”、“主要地”、“相当地”、“大体上”、“基本上”、“很大或很大程度上”、“主要但不一定完全是”合理地表示近似语言并描述指定的特征或描述符,以使本领域普通技术人员理解其范围。当用于参考数值时,该术语表示相对于指定值的加减20%的范围,更优选地加减10%,甚至更优选地加减5%,并且最优选地相对于指定值加减2%。

[0040] 在描述所选择的特征或概念时使用这些术语既不暗示也不提供任何不确定性的基础以及为指定的特征或描述符添加数字限制。如本领域技术人员所理解的,这种值、元素或性质的精确值或特征与所述值的实际偏差落于在由使用为此目的的本领域所接受的测量方法时典型的实验测量误差所限定的数值范围内,并且可以在该数值范围内变化。在本发明范围内的一些特定情况下,术语“近似”和“大约”在用于参考数值时表示相对于指定值加减20%的范围,更优选加减10%,甚至更优选加减5%,最优选加减2%。

[0041] 表1(实施方式1)

元件 编号	曲率半径		厚度	孔径		nd	Vd
	前	后		前	后		
对象	INF		无限	孔径光阑			
			6.3116	2.0000			
1	-14.2165CC	51.3347CC	2.9966	9.6557	14.2680	1.846	23.8
2	51.3347CX	-19.9198CX	18.0063	14.2680	28.6892	1.677	55.1
			9.1964				
3	61.3624CX	A (1)	15.0162	44.9001	46.1126	1.517	64.2
			54.8338	43.1273			
			30.8400				
4	A (2)	111.1392CC	14.4372	43.2966	39.5928	1.517	64.2
			1.0000				
[0042] 5	27.7511CX	22.3289CC	7.2581	35.9187	29.2285	1.922	20.8
6	22.3289CX	100.0000CC	8.2817	29.2285	25.5733	1.640	60.1
			10.0000	10.1554			
			2.0900				
7	Navarro 眼睛模型						
	注释:						
	正半径表示曲率中心向右侧						
	负半径表示曲率中心向左侧						
	尺寸以毫米为单位						
	厚度为至下一表面的轴向距离						
	Navarro 眼睛模型为 “Accommodation-Dependent Model of the Human Eye With aspherics” , J Opt Soc Am A. 1985 August: 2 (8) : 1273-81; Navarro R.Santamaria J. Bescos J. 描述的						

[0043]

[0044] 表2:非球面常数

[0045] $Z = ((CURV) * Y^2 / (1 - [1 - (1 + K) * (CURV)^2 * Y^2]^{1/2}) + (A) * Y^4 + (B) * Y^6 + (C) * Y^8 + (D) * Y^{10}$

[0046]

非球面	CURV	K	A	B	C	D
A(1)	-0.02129068	-4.40856200	-2.07205E-07	6.94266E-10	-9.25536E-14	0.00000E-00
A(2)	0.03723186	-0.99124670	3.54873E-06	-1.20826E-09	-1.41664E-12	0.00000E+00

基准长度= 587.6NM

光谱范围= 486.1- 656.3NM

[0047] 表3:无限共轭

EFL	=-22.2382
BFL	=12.1279
FFL	=-18.1278
F/NO	=-8.3228
图像距离	=12.0500
OAL	=192.1880

[0048]

近轴图像 HT	=11.6554
半视场角	=35.0000
入射光瞳直径	=2.0000
距离	=0.0000
出射光瞳直径	=1.8365
距离	=-8.2919

[0049] 注释:

[0050] FFL从第一表面测量

[0051] BFL从最后表面测量

[0052] 表4(实施方式2)

[0053]

元件	曲率半径		厚度		孔径		nd	Vd
编号	前	后	前	后	前	后		
对象	INF		无限		孔径光阑			
						2.0000		
						30.0000		
1	-20.8494CC	102.4570CC	3.5877	25.6282	36.8675	1.688	31.2	
2	102.4570CX	-32.3754CX	16.7148	36.8675	43.7003	1.788	47.3	
						1.1911		
3	158.0684CX	A (1)	12.0000	49.9597	50.9902	1.788	47.3	
						66.6381		
						50.3388		
						37.0080		
4	68.0998CX	INF	14.4000	50.8799	47.7850	1.788	47.3	
						1.2000		
5	29.7274CX	60.2508CC	12.0000	41.8696	35.0824	1.788	47.3	
						18.0000		
						9.3366		
						2.0900		

6 Navarro 眼睛模型

注释:

正半径表示曲率中心向右侧

负半径表示曲率中心向左侧

尺寸以毫米为单位

厚度为至下一表面的轴向距离

Navarro 眼睛模型为 “Accommodation-Dependent Model of the Human Eye With aspherics” , J Opt Soc Am A. 1985 August: 2 (8) : 1273-81; Navarro R. Santamaria J. Bescos J. 描述的

[0054] 表5:非球面常数

[0055] $Z = ((CURV) * Y^2 / (1 - [1 - (1 + K) * (CURV)^2 * Y^2]^{1/2}) + (A) * Y^4 + (B) * Y^6 + (C) * Y^8 + (D) * Y^{10}$

[0056]

非球面	CURV	K	A	B	C	D
A(1)	-0.01070741	-1.00000000	-1.41214E-06	-2.35725E-11	1.98134E-13	0.00000E+00

基准长度= 587.6NM

光谱范围= 486.1- 656.3NM

[0057] 表6:无限共轭

EFL	=-30.6757
BFL	=12.0923
FFL	=-34.3970
F/NO	=-11.4806
图像距离	=12.0500
OAL	=226.7496
近轴图像 HT	=10.5974
半视场角	=24.7750
入射光瞳直径	=2.0000
距离	=0.0000
出射光瞳直径	=1.3351
距离	=-8.3847

[0058]

[0059] 如上表4、表5和表6中描述的,所述构造的本发明的中继系统的第二实施方式500在图4中示出并且具有30.67mm的有效焦距(模数值),这导致形成(近轴)高度约为10.6mm的图像,并且可以很好地校正横向色差。根据本发明构思的透镜系统的实施方式仅包含一个单个非球面A(1),这提供实际优点(例如降低成本)。如图4所示,第二实施方式包含第一透镜组G1和第二透镜组G2。第一透镜组G1包括透镜元件4和5,第二透镜组G2包括透镜元件1、2和3。眼睛的Navarro模型也示出为与中继系统500组合。第二透镜组G2包括:第一弯月形透镜元件1,其具有负屈光度并与双凸正透镜元件2光学接触;以及元件3,其具有正光功率和非球面A(1)并且在空间上与元件1、2的组合分离。第二透镜组G2集合起来具有正光功率,从而超越元件1的负光功率。第一透镜组G1包含正透镜元件4和凹向眼睛侧的第二弯月形透镜元件5,并且集合起来具有正光功率。第一透镜组G1靠近待检眼睛定位,如图4中眼睛的Navarro模型所示。

[0060] 图5包含表示在利用本发明的第二实施方式500对物体成像时散焦效果的点图,其为场位置的函数(以度表示)。第二实施方式还示出了补偿(Navarro模型)眼睛的像差(2mm眼睛瞳孔直径,健康人眼几乎是衍射受限的)并且在整个80度FOV上提供接近衍射受限的分辨率。正如每个波长落于艾里斑曲线内的点图令人信服地证明,在整个可见光谱上基本上

校正了像差,但在光谱的红端(来自视网膜的反向散射光比蓝色光强约五倍之处,这在视网膜成像期间在操作上是优选的)甚至更小。跨越可见光谱的这种衍射受限性能在很大程度上且有利地将所提出的发明与现有技术区别开来。在实践中,所提出的光学系统的设计使得通过平衡普通眼睛的典型光学像差与本发明实施方式的目镜部分的光学像差来实现视网膜的衍射受限成像。

[0061] 对于第一实施方式和第二实施方式中的每一个,下面示出与第一透镜组G1和第二透镜组G2的焦距相关的值。

[0062] 实施方式1

[0063] 第1组(目镜)的焦距: $f_1=32.3$

[0064] 第2组(物镜)的焦距: $f_2=34.4$

[0065] 近轴放大率: $f_2/f_1=1.07$

[0066] 实施方式2

[0067] 第1组(目镜)的焦距: $f_1=38.0$

[0068] 第2组(物镜)的焦距: $f_2=53.0$

[0069] 近轴放大率: $f_2/f_1=1.4$

[0070] 关于广角视网膜图像尺寸与图像传感器的尺寸之间的关系,可能存在两种情况。在情况1中,选择放大率使得进入眼睛的80度视场被成像到相机上以填充屏幕(即,图像传感器的尺寸)的对角线,如图6A所示。这具有使用所有相机像素的优点,但缺点是在顶部、底部和侧面失去一些80度视场。

[0071] 在情况2中,选择放大率使得进入眼睛的80度视场被成像到相机屏幕(即,图像传感器的尺寸)以填充矩形屏幕的短尺寸,如图6B所示。这具有可以看到整个80度视场的优点,但是缺点是不是所有的相机像素都被使用。这是更常见的眼底相机情况,但是这两种情况表明通过在1.0至2.0的范围内选择接近1.0的适当放大率本发明可以应用于任何一种情况。

[0072] 本发明的具体实施方式还可以构造成利用双镜头(或通常是多镜头)手机相机进行眼底成像。例如,如果手机具有不同焦距(例如,手机第一镜头的焦距的两倍)的第二相机镜头,那么如果手机相对于本发明的无焦中继器侧向地或横向地移动以将第二镜头与无焦中继器光学地(轴向地)对准,视网膜的中心角部分(对应于与手机的另一个镜头的FOV相比具有更小FOV的手机镜头的那个)能够以更高的分辨率成像。这有利于更密切地研究中央凹区域和视神经,同时保持通过拼接将整个视网膜捕获到短焦距相机的能力。另选地,在这种情况下,图像拼接可以与较长焦距镜头一起使用,从而以较高分辨率覆盖80度视场或更大视场。

[0073] 本发明的范围有利地适应这样的情况:移动设备具有彼此相邻设置的多个镜头(光学系统)(例如,作为1D或2D透镜阵列)并且具有不同的焦距(因此,具有不同的FOV)。这里,图1的实施方式可以通过装置或定位器(机械驱动或其他方式驱动,例如,使用电动机)与移动设备的后侧集成,该装置或定位器被配置成在垂直于这多个镜头的光轴的平面中横向地重新定位实施方式,同时保持实施方式与设置该多个镜头的平面之间的工作(轴向)距离。当实施方式如此平移以与手机相机的第一镜头同轴设置时,在眼睛的EP和第一镜头的EP之间建立光学共轭,并且利用本发明的望远镜和第一镜头能够有利地实现视网膜的1倍

成像。当在下一步操作中,该实施方式被平移成与手机相机的第二镜头同轴设置时,在眼睛的EP和第二镜头的EP之间建立光学共轭,并且利用本发明的望远镜和第二镜头能够有利地实现视网膜的1倍成像。作为多步骤(例如, $N>1$)重新定位的结果,实际上实现了N位置变焦成像系统。应当理解,在如此配置的视网膜成像期间,当具有较小FOV的手机镜头在光学和机械上与无焦中继器的该实施方式协作时,(在拼接图像的过程中)实现了具有更高分辨率的视网膜成像。

[0074] 此外,通常,用户在拍摄照片时不会戴上眼镜,因此可以通过根据用户的处方将最靠近眼睛的透镜(目镜)聚焦来提供 ± 10 屈光度调节。相机的对焦系统将调整为精细对焦。

[0075] 根据前述实施方式,能够实现具有简单和小尺寸配置的低成本眼底相机。此外,与使用附着透镜的传统眼底相机相比,显然可以在大约两倍宽并且横过宽波长区域的视场上获得优异的眼底图像。此外,当使用多镜头手机相机时,视场的自由度和分辨率性能增加。

[0076] 所公开的方面或这些方面的一部分可以以上面未列出的方式组合。因此,不应将本发明视为限于所公开的实施方式。

[0077] 在下文中,参考图7说明第三实施方式。

[0078] 如图7所示,附件22是中继光学系统,其将被对象眼150的瞳孔中继到手机20的图像捕获部214的光学系统的光瞳位置,并且设置有第一正透镜组G1和第二正透镜组G2。第一正透镜组G1和第二正透镜组G2具有相同的光轴并且基本上形成无焦系统。通过第一正透镜组G1和第二正透镜组G2的组合,对象眼150的瞳孔被中继到手机20的图像捕获部214的光学系统的光瞳。

[0079] 作为无焦附件的本发明的无焦中继器位于手机相机镜头的前部。在这种情况下,它用于将手机相机光瞳中继到患者的虹膜(瞳孔)。

[0080] 当由第一正透镜组G1和第二正透镜组G2组成的无焦中继附件22设置在对象眼150和设置在手机20的图像捕获部214的前侧的光学系统之间时(如图7所示),该配置使得第一正透镜组G1的眼睛侧焦点位置与对象眼150的瞳孔位置对准,并且使得第二正透镜组G2在手机20侧的焦点位置与手机20的图像捕获光学系统的光瞳位置对准。根据上述配置,第一正透镜组G1和第二正透镜组G2的组合在对象眼的瞳孔与外部光学系统的光瞳之间形成共轭关系。

[0081] 当设置包括第一正透镜组G1和第二正透镜组G2的无焦附件22时,如图7所示,在其光轴与手机20的图像捕获光学系统的光轴对准的位置处,在第一正透镜组G1和第二正透镜组G2之间形成对象眼150的眼底的图像FI。

[0082] 第一正透镜组G1从对象眼侧开始依次包括具有面向对象眼侧的凹面的正弯月形透镜320、以及正透镜340,并且第二正透镜组G2从对象眼侧开始依次包括正透镜330和弯月形透镜310,该弯月形透镜310具有面向对象眼侧的凸面。

[0083] 具有面向对象眼侧的凹面的正弯月形透镜320不限于图7所示的配置,并且可以具有图2所示的配置,是包括具有面向对象眼侧的凹面的正弯月形透镜6和具有面向对象眼侧的凹面的弯月形透镜5的复合透镜。

[0084] 如图7所示,第二正透镜组G2的具有面向对象眼侧的凸面的弯月形透镜310可以是彼此胶合的双凸正透镜310A和双凹正透镜310B的复合透镜。此外,可以适当地采用非球面作为透镜表面的形状,并且在第二示例中,在第二透镜组G2的双凸透镜的对象眼侧的凸面

处设置非球面。

[0085] 当 f_1 是第一透镜组G1的焦距, f_2 是第二透镜组G2的焦距,并且D是两个透镜组G1、G2的主平面间隔时,优选地基本上满足以下条件。

[0086] $f_1+f_2=D$ 。

[0087] 当如上所述,第一正透镜组G1和第二正透镜组G2基本上形成无焦系统时,优选满足以下条件。

[0088] $0.9 < f_2/f_1 < 2.2$

[0089] 另外,就实际使用而言,优选满足条件 $1.0 \leq f_2/f_1 < 2.0$ 。

[0090] 优选的是,第一透镜组G1的焦距 f_1 和第二透镜组G2的焦距 f_2 满足以下条件。

[0091] $30\text{mm} < f_1 < 50\text{mm}$

[0092] $30\text{mm} < f_2 < 60\text{mm}$

[0093] 第二透镜组G2在手机20的光学系统侧的视角包括并且优选地匹配手机20的光学系统的视角。对象眼眼底的与第一透镜组G1的视角对应的图像捕获视场(FOV)的图像经由第二透镜组G2被传送到手机20的光学系统。

[0094] 所有前述实施方式的附件22的中继光学系统的1倍放大率是像差校正的理想选择;然而,如上所述,关于数值条件,通过引入少量放大率实现了比手机相机更大的视场,并且该设计仍然能够实现有利的像差校正。更大的视场是有益的,因为在80度视场内可以看到许多视网膜病变,并且可以切换到手机长焦镜头相机,以在视网膜的中央40度处更详细地查看。

[0095] 此外,附件22设置有电源380、通过电源380供电的光源362、以及分束器372,其将从光源362发射的光朝向第二透镜组G2侧反射并将从对象眼150反射的光经由第二透镜组G2传送到手机20。

[0096] 在下面描述的图像捕获模式中,从光源362发射的光在分束器372处朝向第二透镜组G2侧反射并经由第一透镜组G1到达对象眼150的眼底。到达对象眼150的眼底处的光在眼底被反射,并且反射光经由第一透镜组G1和第二透镜组G2到达分束器372,穿过分束器372,并到达手机20。通过第一正透镜组G1和第二正透镜组G2将对象眼150的瞳孔中继到手机20的图像捕获部214的光学系统的光瞳。

[0097] 接下来,说明第四实施方式。由于图8所示的第四实施方式具有与第三实施方式类似的部分,所以相同的附图标记表示相同的部分,并且省略其说明而说明不同的部分。

[0098] 如图8所示,除了第一透镜组G1和第二透镜组G2之外,无焦附件22还具有光源362和用于光源362的电源380。来自光源362的发散光被聚光透镜364校准。然后,校准光入射到漫射器366并变成发散光,并且照射具有环形孔的环形光阑368。穿过该环形孔的光在分束器372处被反射,并且通过第二透镜组G2和第一透镜组G1被引导到对象眼150。此外,由于第二透镜组G2和第一透镜组G1的作用,环形光阑368的环形孔的图像形成在对象眼的瞳孔上并照射对象眼的眼底。

[0099] 接下来,说明第五实施方式。由于图9所示的第五实施方式具有与第三实施方式类似的部分,所以相同的附图标记表示相同的部分,并且省略其说明而说明不同的部分。如图9所示,无焦附件22包括触点382,该触点382连接到光源362。手机20包括触点20C,该触点20C连接到手机20的电池(未示出)。当无焦附件22附接到手机20时,附件22的触点382和手

机20的触点20C被连接。如上所述,由于触点382连接到光源362并且手机20的触点20C连接到手机20的电池(未示出),因此来自手机20的电池(未示出)的电力经由触点20C和触点382供应至光源362。

[0100] 在第四实施方式中(参见图8),可接受的是省略电源380,并且在附件22处提供触点382,并在手机20处提供触点20C,使得当附件22附接手机20时,附件22的触点382和手机20的触点20C被连接,来自手机20的电池(未示出)的电力经由触点20C和触点382供应至光源362。

[0101] 虽然上述所有示例都使用分束器372,但是为了有效地利用来自光源362的光,可接受的是提供偏振分束器而不是分束器372,在光源362和偏振分束器之间设置偏振器,以及在偏振分束器和手机20之间提供分析器。此外,可以在第二透镜组G2和偏振分束器之间插入四分之一波片,并采用一种配置向对象眼提供圆偏振光。

[0102] 接下来,参考图10,说明所有上述手机20的示例的电气配置。如图10所示,手机20配备有计算机200。计算机200具有CPU 202、ROM 204、RAM 206、以及输入输出(I/O)端口208。CPU 202、ROM204、RAM 206以及I/O端口208通过总线210相互连接。I/O端口208连接到辅助存储设备212、图像捕获部214、扬声器216、显示部218、通讯部220、主页按钮222、图像捕获按钮224和自动对焦机构226。

[0103] 接下来,参考图11,说明附件22和手机20的使用方法。

[0104] 在步骤402中,用户在手机20上安装附件22。当手机20的电源开关打开时,眼底图像捕获应用程序在步骤404启动。在步骤406,用户将眼睛保持在图像捕获部214的图像捕获位置。

[0105] 在步骤408中,通过打开手机20的主页按钮222,CPU 202启动图像捕获模式。当启动图像捕获模式时,图像捕获部214经由附件22捕获眼底图像。

[0106] 在步骤410中,CPU 202调整自动对焦机构226,自动调整焦点,并且当自动调整焦点时,确定图像捕获部214的眼底图像捕获范围是否合适。具体地,根据眼底图像的图像数据的各个像素值和用于区分瞳孔部分和周边部分之间的阈值,在图像捕获部214的眼底图像捕获范围内检测对象眼150的瞳孔的位置。通过确定检测到的瞳孔的位置是否在图像捕获范围内,确定图像捕获范围是否合适。

[0107] 当在步骤410中确定眼底图像捕获范围不合适时,CPU 202在步骤412中经由扬声器216发出音频指令以改变手机20的保持位置。例如,当瞳孔位置与图像捕获部214的图像捕获范围相比处于较高位置时,经由扬声器216输出音频“请抬高手机”。取代“请抬高手机”的音频输出或者与此音频输出一起,可以在显示部218处显示“请抬高手机”。

[0108] 当确定用户的眼底位置被适当地定位在图像捕获部214的图像捕获范围中时,CPU 202在步骤414中在显示部218处显示图像捕获指令。看到在显示部218处显示的图像捕获指令的用户开启图像捕获按钮224。图像捕获指令不限于在显示部218处显示,并且图像捕获指令可以不是该显示或者在该显示的基础上经由扬声器216的音频输出。当图像捕获按钮224开启时,CPU 202在步骤416中检测到图像捕获按钮224已经开启。当检测到图像捕获按钮224已经开启时,由图像捕获部214捕获的眼底图像在步骤418中存储在辅助存储设备212,并且在步骤420经由通讯部220将眼底图像的图像信号发送到眼底图像服务器250。

[0109] 省略步骤414、416的处理,当已经确定用户眼底的位置被适当地定位在图像捕获

部214的图像捕获范围内时,在步骤418中CPU202将由图像捕获部214捕获的眼底图像存储在辅助存储设备212,并且在步骤420中经由通讯部220将眼底图像的图像信号发送到眼底图像服务器250。

[0110] 在上面说明的所有示例中,手机20设置有单个光学系统(图像捕获透镜系统(相机镜头));然而,本公开的技术不限于此,可以提供与多个视角对应的多个光学系统。例如,为了处理除了眼底的中心部分之外还要捕获围绕该中心部分的周边部分的情况,手机20可以设置有用于广角用途的第一光学系统和用于具有比广角小的视角的标准用途的第二光学系统。在捕获眼底的中心部分和周边部分的图像的第一模式中,眼底的中心部分和周边部分的图像将经由第一光学系统形成在图像捕获部214处。在仅捕获中心部分的图像的第二模式中,仅眼睛底部的中心部分的图像将经由第二光学系统形成在图像捕获部214处。

[0111] 附图标记列表

[0112] 20 手机

[0113] 22 附件

[0114] G1 第一透镜组

[0115] G2 第二透镜组

[0116] 320 弯月形透镜

[0117] 320A 弯月形透镜

[0118] 320B 弯月形透镜

[0119] 340 正透镜

[0120] 33 正透镜

[0121] 310 弯月形透镜

[0122] 310A 双凸透镜

[0123] 310B 双凹透镜

[0124] 320 正弯月形透镜

[0125] 320A 正弯月形透镜

[0126] 320B 弯月形透镜。

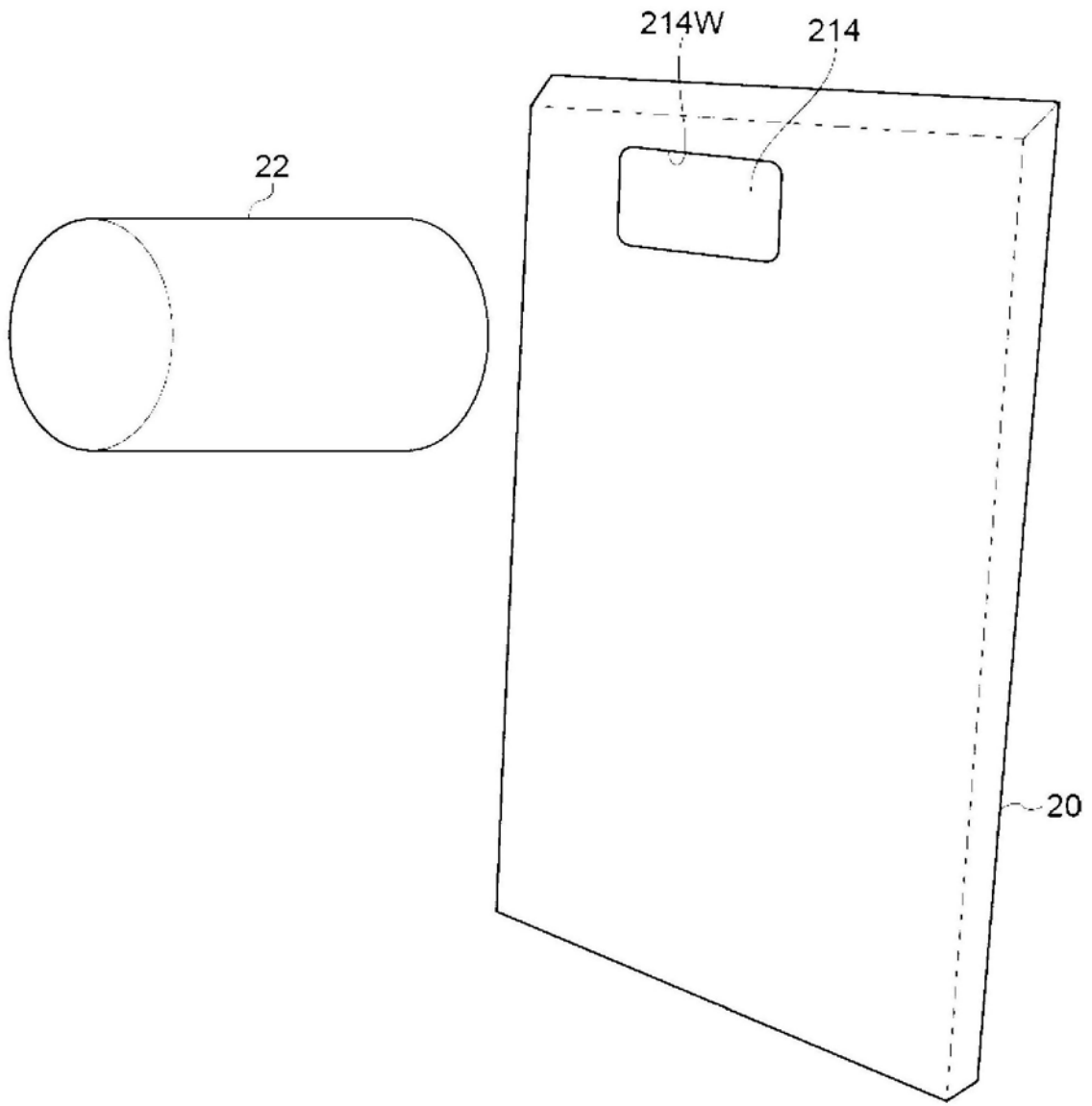


图1

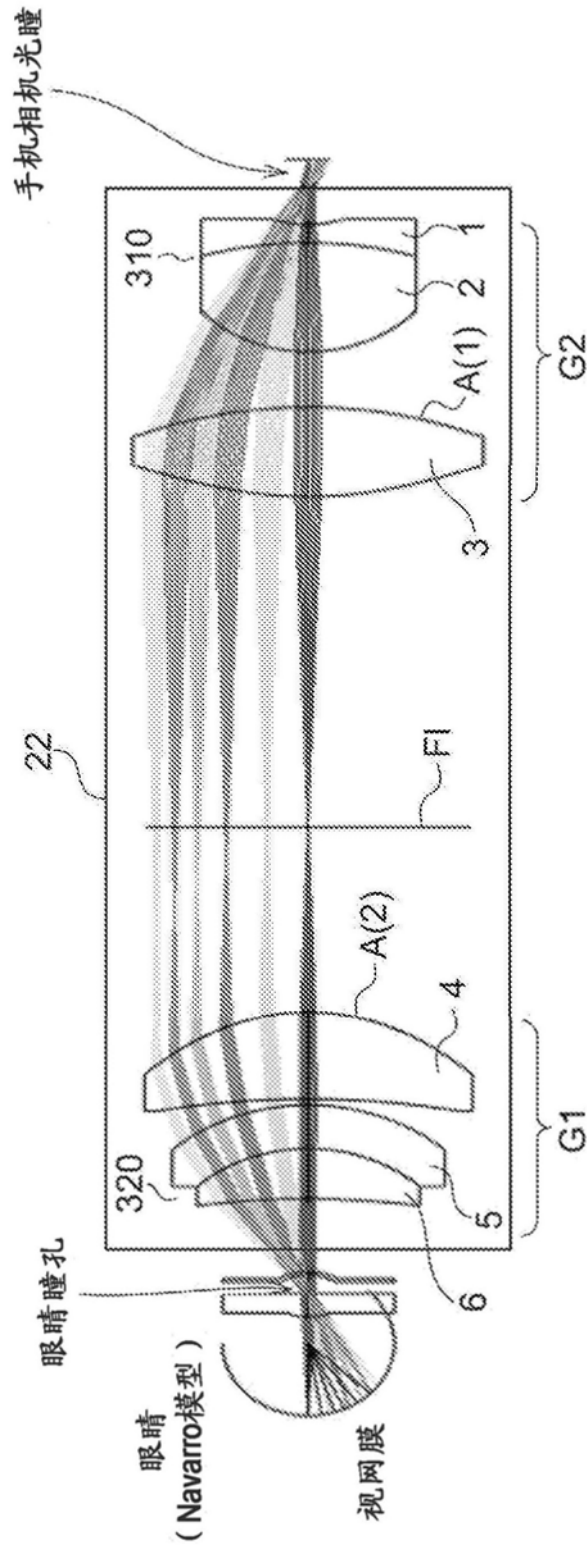


图2

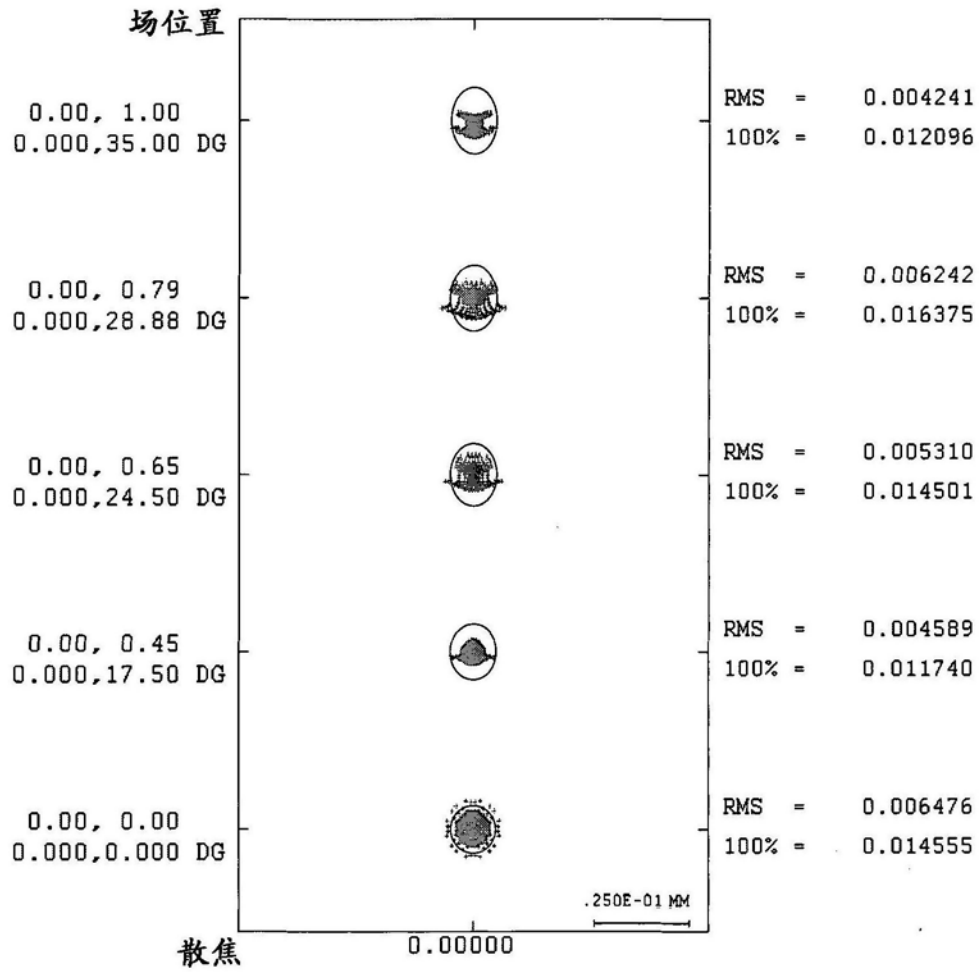


图3

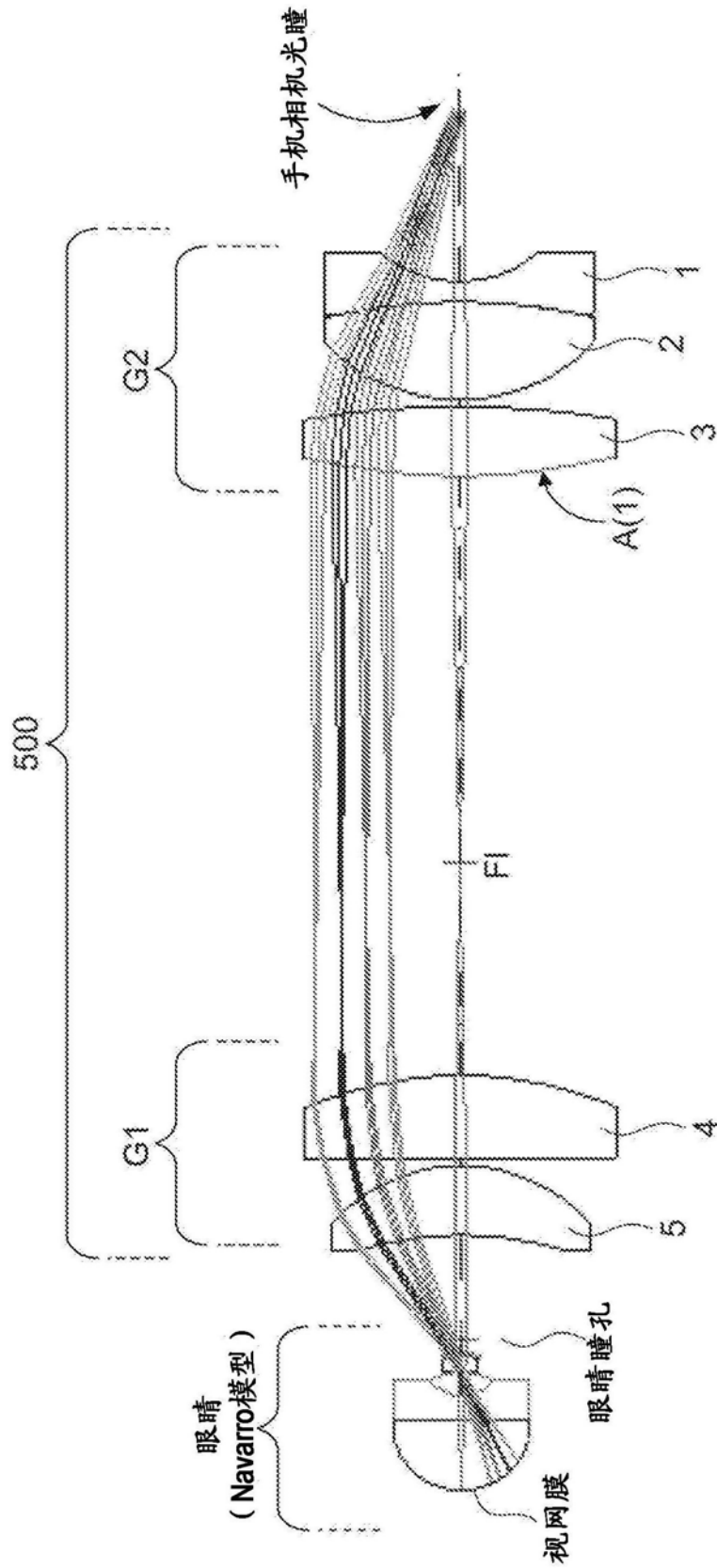


图4

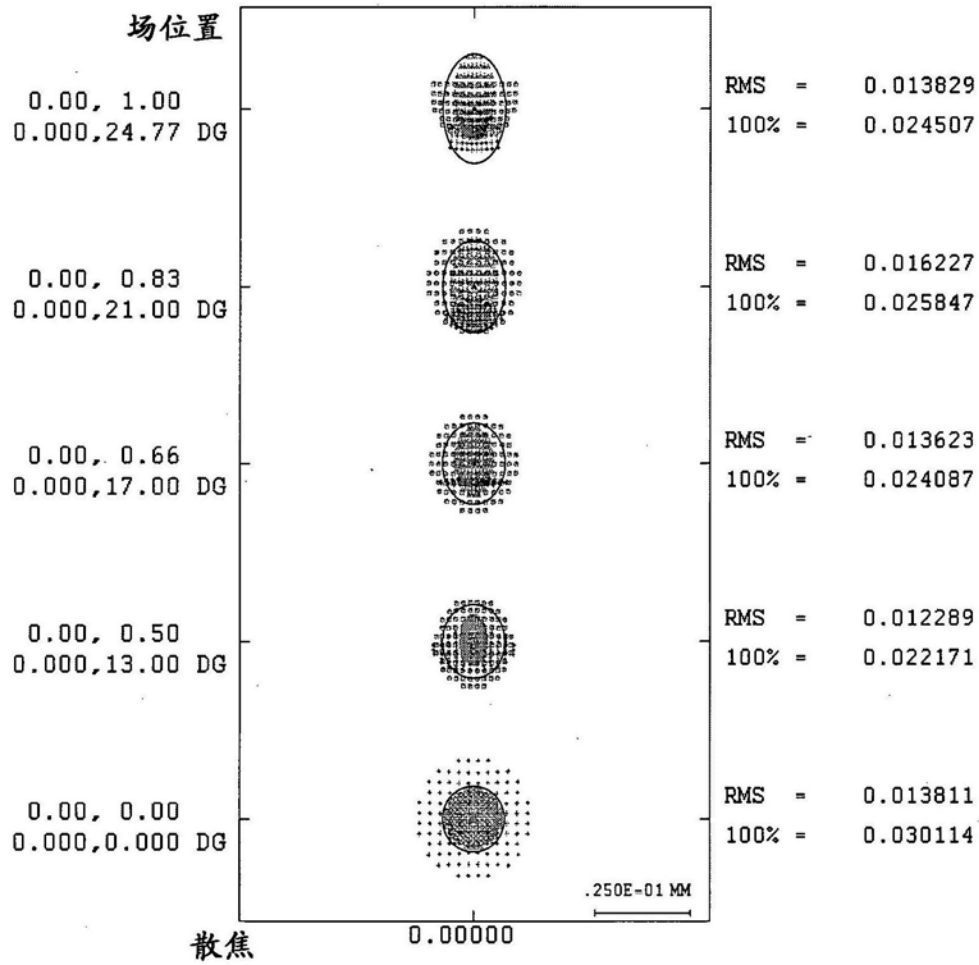


图5

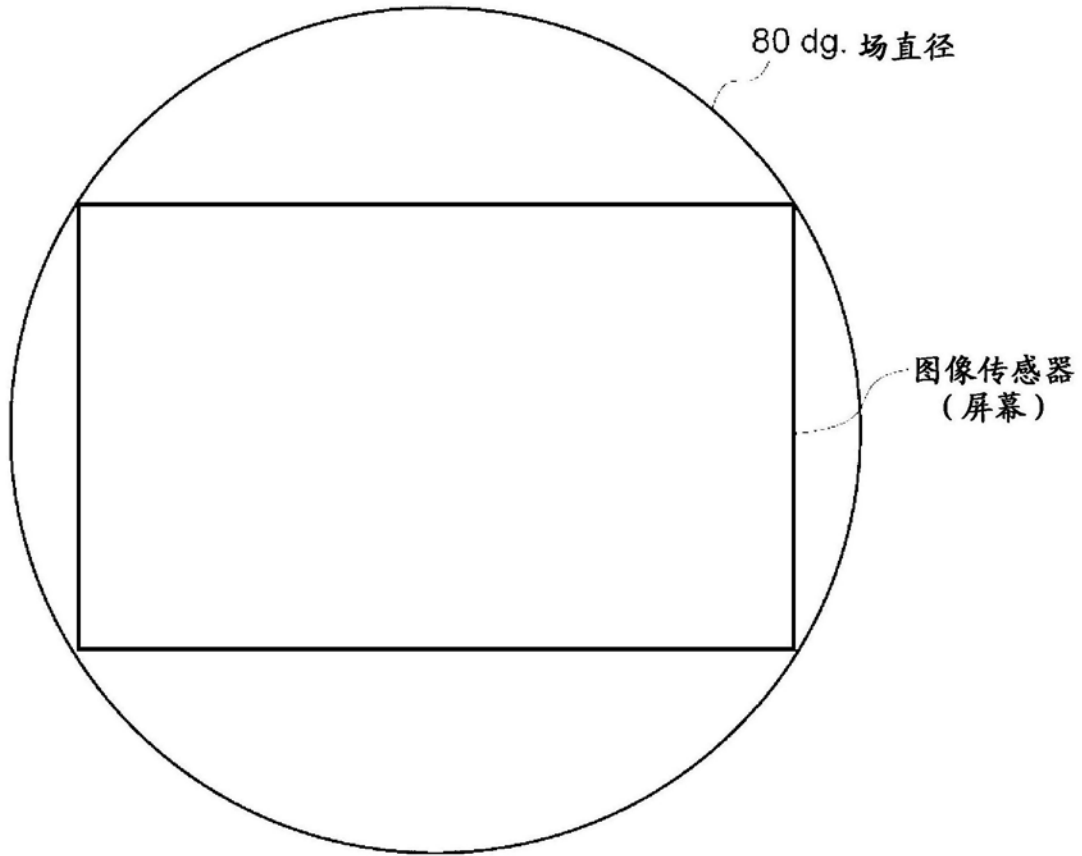


图6A

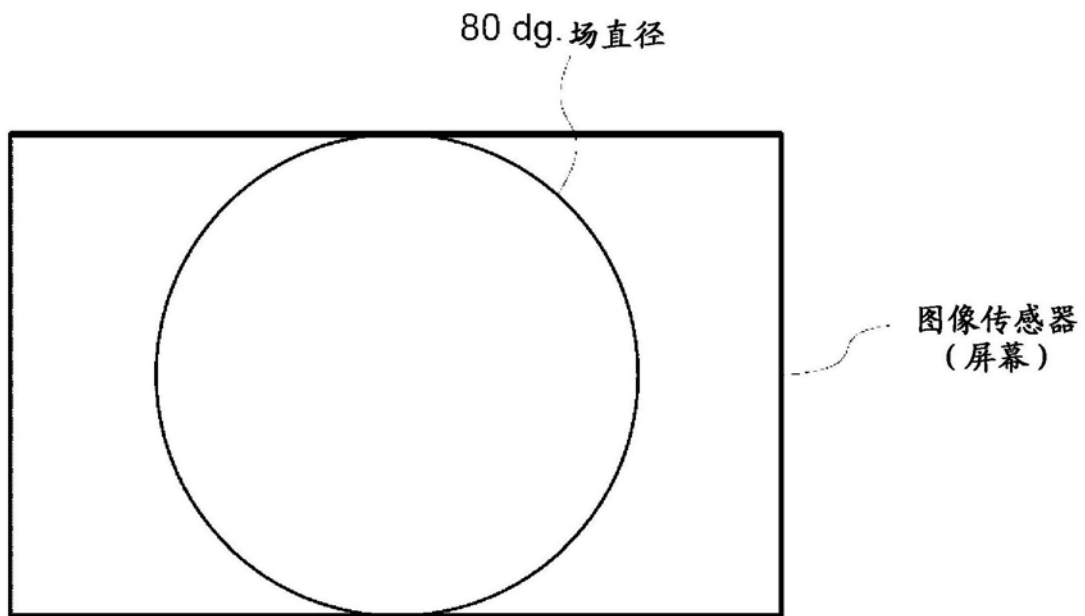


图6B

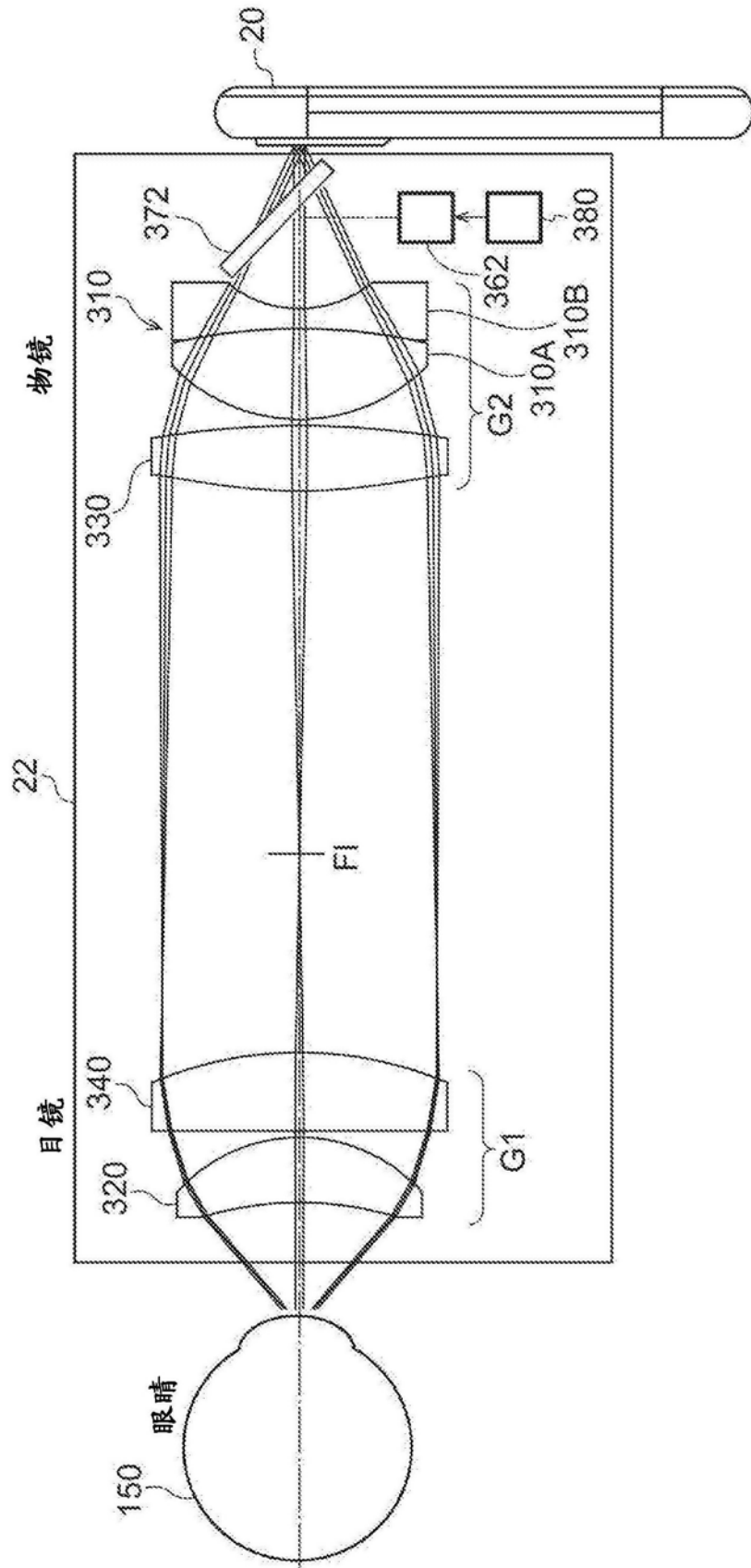


图7

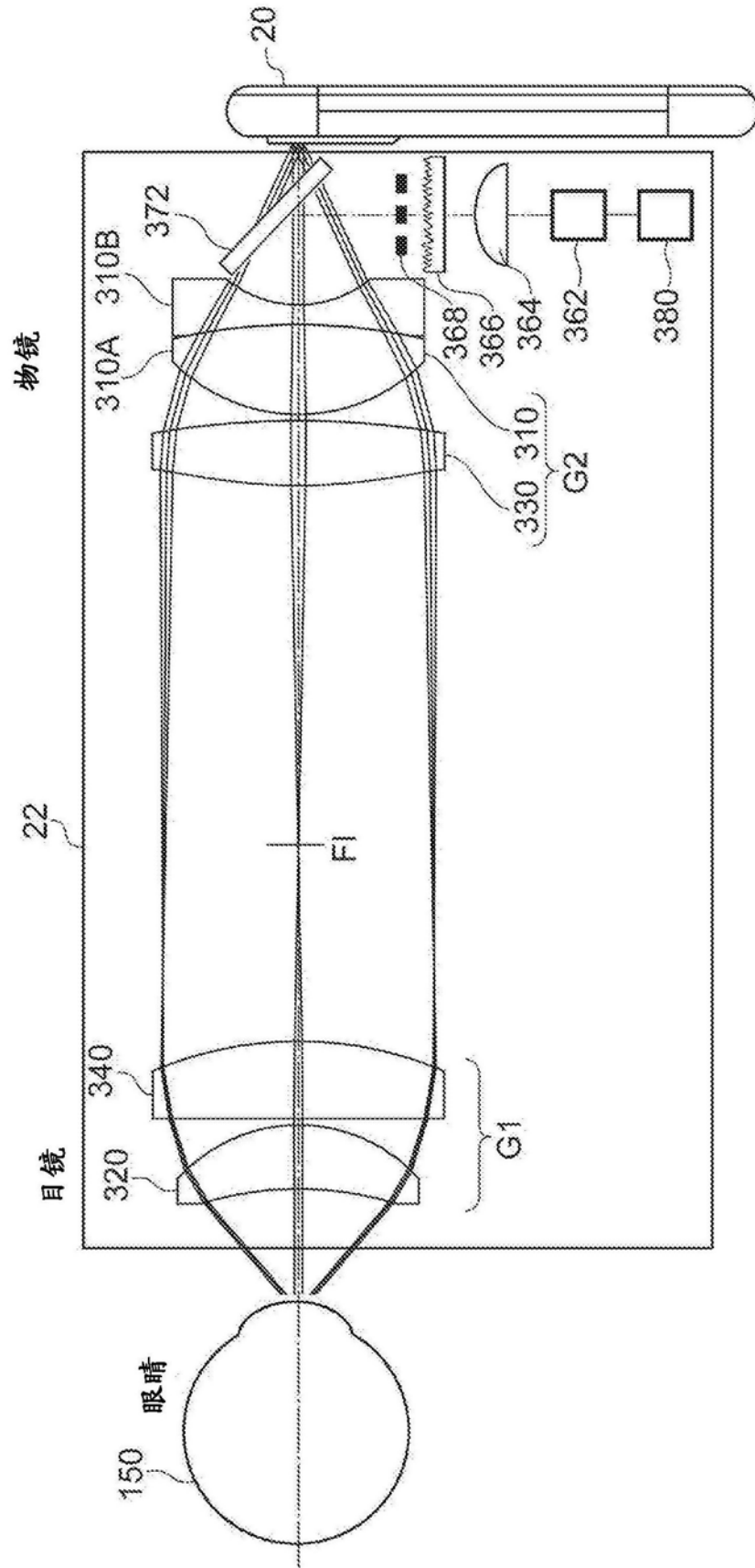


图8

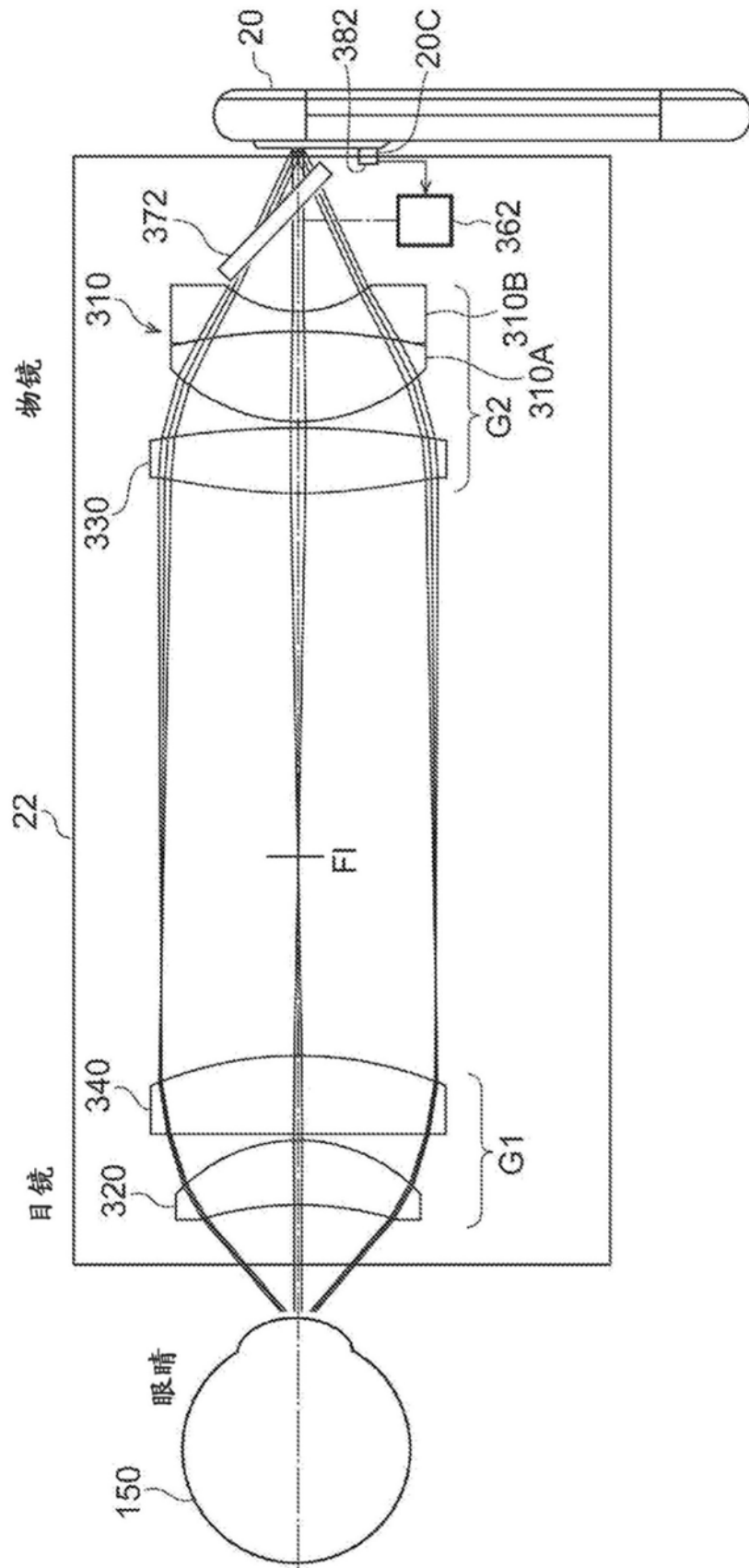


图9

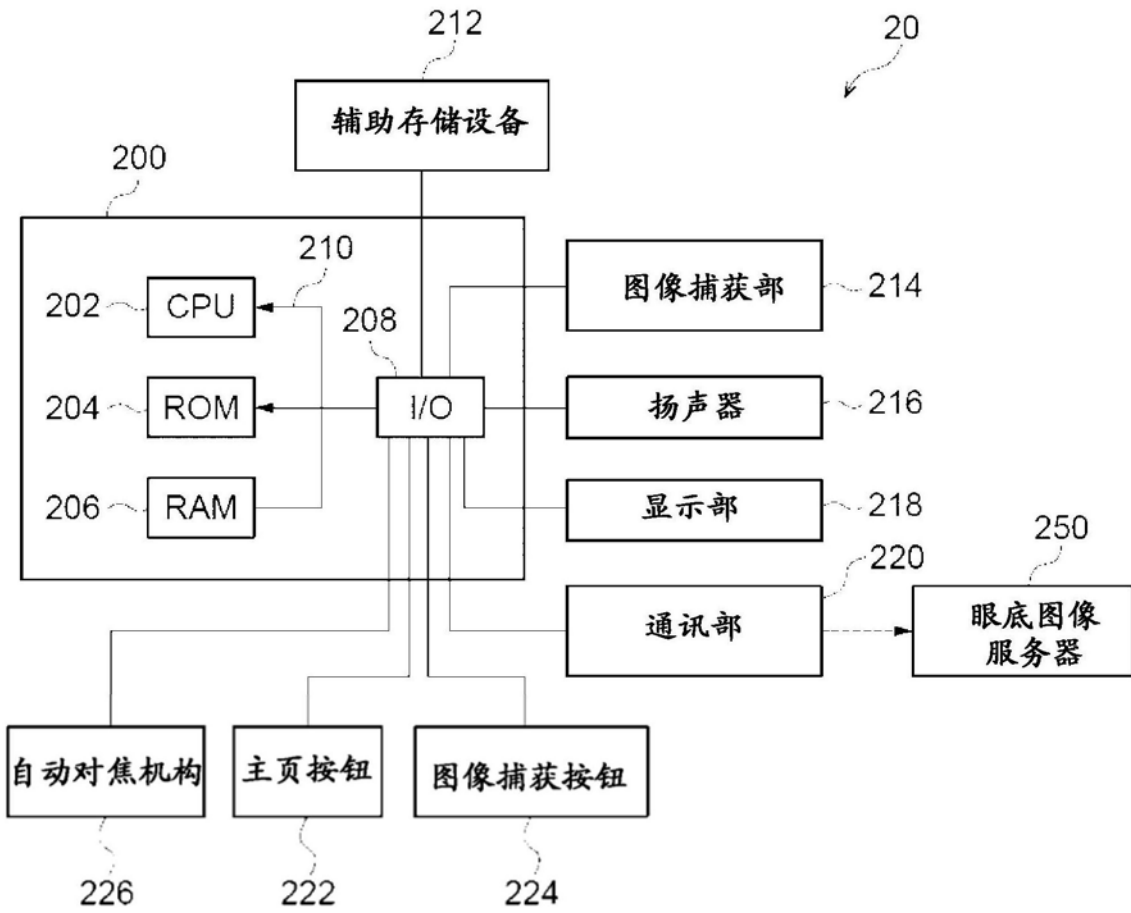


图10

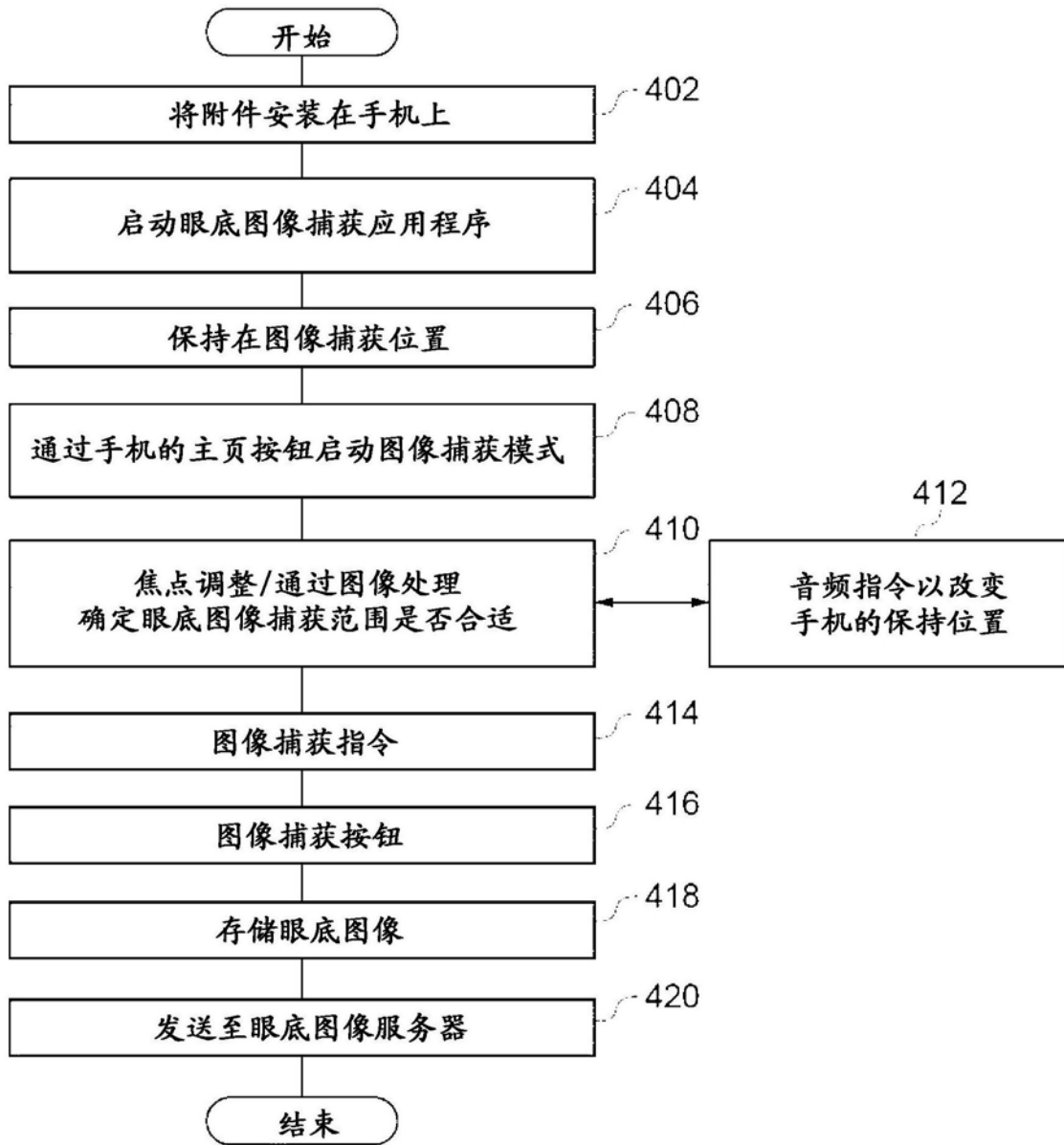


图11