



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114236830 B

(45) 授权公告日 2023. 03. 28

(21) 申请号 202111446819.7

审查员 于子江

(22) 申请日 2021.11.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114236830 A

(43) 申请公布日 2022.03.25

(73) 专利权人 歌尔光学科技有限公司

地址 261061 山东省潍坊市高新区清池街
道永春社区惠贤路3999号歌尔光电产
业园三期1号厂房

(72) 发明人 孙琦 赵博刚

(74) 专利代理机构 北京博雅睿泉专利代理事务

所(特殊普通合伙) 11442

专利代理师 杨璐

(51) Int. Cl.

G02B 27/01 (2006.01)

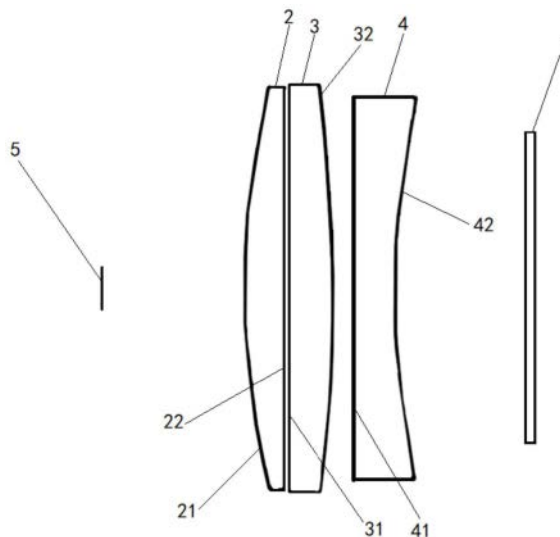
权利要求书1页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

一种光学系统以及头戴显示设备

(57) 摘要

本申请实施例公开了一种光学系统以及头戴显示设备;其中,所述光学系统透镜组,所述透镜组由沿入射光的传播方向依次设置的第三透镜、第二透镜和第一透镜组成;其中,在所述透镜组中有两个相邻设置的菲涅尔面;所述光学系统的成像光斑尺寸为 $< 50 \mu\text{m}$ 。本申请实施例提供了一种短焦、高分辨率的直透式光路结构设计方
案,其可应用于头戴显示设备,成像效果较好。



1. 一种光学系统,其特征在于,包括:
透镜组,所述透镜组由沿入射光的传播方向依次设置的第三透镜(4)、第二透镜(3)和第一透镜(2)组成;
其中,在所述透镜组中有两个相邻设置的菲涅尔面;
所述光学系统的成像光斑尺寸为 $<50\mu\text{m}$;
所述第一透镜(2)的有效焦距 f_1 和所述第二透镜(3)的有效焦距 f_2 之和大于所述第三透镜(4)的有效焦距 f_3 的绝对值;
所述透镜组的有效焦距 f 满足关系为: $15\text{mm}\leq f\leq 25\text{mm}$ 。
2. 根据权利要求1所述光学系统,其特征在于,所述第一透镜(2)与所述第二透镜(3)之间设置有第一间隔 T_1 ;
所述第三透镜(4)与所述第二透镜(3)之间设置有第二间隔 T_2 ,且所述第二间隔 T_2 大于所述第一间隔 T_1 ;
所述第一透镜(2)、所述第二透镜(3)及所述第三透镜(4)位于同一光轴上。
3. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述第一透镜(2)和所述第二透镜(3)的光焦度均为正。
4. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述第一透镜(2)和所述第二透镜(3)相邻的两个面为菲涅尔面。
5. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述第一透镜(2)包括第一表面(21)和第二表面(22),所述第二透镜(3)包括第三表面(31)和第四表面(32);
所述第二表面(22)与所述第三表面(31)为相邻设置,且均为菲涅尔面;
所述第一表面(21)和所述第四表面(32)均为非球面。
6. 根据权利要求5所述的光学系统,其特征在于,所述第三透镜(4)包括第五表面(41)和第六表面(42);
所述第五表面(41)与所述第四表面(32)为相邻设置;
所述第五表面(41)和所述第六表面(42)中的至少一个为非球面。
7. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述第三透镜(4)的光焦度为负。
8. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述第一透镜(2)和所述第二透镜(3)材质相同,且均为COP材料;
所述第三透镜(4)为OKP材料或者EP材料。
9. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述第一透镜(2)的有效焦距 f_1 为:
 $20\text{mm}\leq f_1\leq 40\text{mm}$;
所述第二透镜(3)的有效焦距 f_2 为: $20\text{mm}\leq f_2\leq 40\text{mm}$;
所述第三透镜(4)的有效焦距 f_3 为: $-75\text{mm}\leq f_3\leq -35\text{mm}$ 。
10. 一种头戴显示设备,其特征在于:包括:
如权利要求1-9中任意一项所述的光学系统。

一种光学系统以及头戴显示设备

技术领域

[0001] 本申请涉及光学成像技术领域,更具体地,本申请涉及一种光学系统以及头戴显示设备。

背景技术

[0002] 近年来,增强现实(Augmented Reality,AR)技术及虚拟显现实(Virtual Reality,VR)技术等智能穿戴设备中得到了应用,并快速发展起来。增强现实技术和虚拟现实技术的核心部件均是显示光学系统。显示光学系统显示效果的好坏将直接决定着智能穿戴设备的质量。目前,智能穿戴设备还需满足小型化、轻量化的要求,这就对显示光学系统也提出了相应的要求。

[0003] 在现有的相关技术中,以VR设备为例。现有的VR设备大多采用单片式透镜+显示屏幕(display)组合形成的显示光学系统。然而,基于光路成像要求,透镜距离显示屏幕会比较远,这就导致VR设备的尺寸较大,这不利于产品的小型化,可能会导致用户佩戴时的使用体验不佳。此外,在目前的VR设备中,还有采用折叠光路的方案,该方案虽然可以实现VR设备的小型化、轻量化,但却存在制作成本较高、光效低($<25\%$)且存在鬼影的问题。

[0004] 因此,非常有必要对现有的显示光学系统进行新的设计。

发明内容

[0005] 本申请的目的在于提供一种光学系统以及头戴显示设备的新技术方案。

[0006] 根据本申请的一个方面,提供了一种光学系统。所述光学系统包括:

[0007] 透镜组,所述透镜组由沿入射光的传播方向依次设置的第三透镜、第二透镜和第一透镜组成;

[0008] 其中,在所述透镜组中有两个相邻设置的菲涅尔面;

[0009] 所述光学系统的成像光斑尺寸为 $<50\mu\text{m}$ 。

[0010] 可选地,所述第一透镜与所述第二透镜之间设置有第一间隔 T_1 ;

[0011] 所述第三透镜与所述第二透镜之间设置有第二间隔 T_2 ,且所述第二间隔 T_2 大于所述第一间隔 T_1 ;

[0012] 所述第一透镜、所述第二透镜及所述第三透镜位于同一光轴上。

[0013] 可选地,所述第一透镜和所述第二透镜的光焦度均为正。

[0014] 可选地,所述第一透镜和所述第二透镜相邻的两个面为菲涅尔面。

[0015] 可选地,所述第一透镜包括第一表面和第二表面,所述第二透镜包括第三表面和第四表面;

[0016] 所述第二表面与所述第三表面为相邻设置,且均为菲涅尔面;

[0017] 所述第一表面和所述第四表面均为非球面。

[0018] 可选地,所述第三透镜包括第五表面和第六表面;

[0019] 所述第五表面与所述第四表面为相邻设置;

- [0020] 所述第五表面和所述第六表面中的至少一个为非球面。
- [0021] 可选地,所述第三透镜的光焦度为负。
- [0022] 可选地,所述第一透镜和所述第二透镜材质相同,且均为COP材料;
- [0023] 所述第三透镜为OKP材料或者EP材料。
- [0024] 可选地,所述第一透镜的有效焦距 f_1 为: $20\text{mm} \leq f_1 \leq 40\text{mm}$;
- [0025] 所述第二透镜的有效焦距 f_2 为: $20\text{mm} \leq f_2 \leq 40\text{mm}$;
- [0026] 所述第三透镜的有效焦距 f_3 为: $-75\text{mm} \leq f_3 \leq -35\text{mm}$ 。
- [0027] 可选地,所述透镜组的有效焦距 f 满足: $15\text{mm} \leq f \leq 25\text{mm}$ 。
- [0028] 根据本申请的另一个方面,提供了一种头戴显示设备。
- [0029] 所述头戴显示设备包括如上任一种所述的光学系统。
- [0030] 本申请的有益效果在于:
- [0031] 本申请实施例提供的方案中,通过采用三片透镜组成透镜组(3P结构),并在光路结构中设计了两个相邻设置的菲涅尔面,再搭配靠近入射光侧的透镜,可实现光路的低色散和短焦,形成的光学系统光效高,能实现高清晰度成像。本申请实施例提出了一种短焦、高分辨率的直透式光路结构设计方案,所形成的光学系统可应用于例如头戴显示设备(如,VR设备)中,其有助于实现头戴显示设备的小型化、轻量化发展趋势。
- [0032] 通过以下参照附图对本申请的示例性实施例的详细描述,本申请的其它特征及其优点将会变得清楚。

附图说明

- [0033] 被结合在说明书中并构成说明书的一部分的附图示出了本申请的实施例,并且连同其说明一起用于解释本申请的原理。
- [0034] 图1是本申请实施例提供的光学系统的结构示意图;
- [0035] 图2是本申请实施例提供的光学系统的成像原理示意图;
- [0036] 图3是本申请实施例1提供的光学系统的点列图;
- [0037] 图4是本申请实施例1提供的光学系统的场曲和畸变图;
- [0038] 图5是本申请实施例1提供的光学系统的色散图;
- [0039] 图6是本申请实施例2提供的光学系统的成像原理示意图;
- [0040] 图7是本申请实施例2提供的光学系统的点列图;
- [0041] 图8是本申请实施例2提供的光学系统的场曲和畸变图;
- [0042] 图9是本申请实施例2提供的光学系统的色散图。
- [0043] 附图标记说明:
- [0044] 1、显示屏幕;2、第一透镜;3、第二透镜;4、第三透镜;
- [0045] 21、第一表面;22、第二表面;
- [0046] 31、第三表面;32、第四表面;
- [0047] 41、第五表面;42、第六表面。

具体实施方式

- [0048] 现在将参照附图来详细描述本申请的各种示例性实施例。应注意到:除非另外具

体说明,否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对布置、数字表达式和数值不限制本申请的范围。

[0049] 以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的,决不作为对本申请及其应用或使用的任何限制。

[0050] 对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论,但在适当情况下,所述技术、方法和设备应当被视为说明书的一部分。

[0051] 在这里示出和讨论的所有例子中,任何具体值应被解释为仅仅是示例性的,而不是作为限制。因此,示例性实施例的其它例子可以具有不同的值。

[0052] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步讨论。

[0053] 下面结合附图1和图2对本申请实施例提供的光学系统以及头戴显示设备进行详细地描述。

[0054] 根据本申请实施例的一个方面,提供了一种光学系统。所述光学系统为一种短焦、高分辨率的直透式光学系统,其适合应用于电子设备中,例如头戴显示设备(head mounted display,HMD),如VR设备(如VR眼镜或者VR头盔等)。其具有良好的应用前景。

[0055] 本申请实施例提供的一种光学系统,如图1和图2所示,所述光学系统包括有透镜组,所述透镜组由沿入射光的传播方向依次设置的第三透镜4、第二透镜3和第一透镜2组成;其中,在所述透镜组中有两个相邻设置的菲涅尔面;所述光学系统的成像光斑尺寸(spot size)为 $<50\mu\text{m}$ 。

[0056] 本申请实施例提供的光学系统,其为直透式光路结构设计,光路结构设计较为简单。

[0057] 需要说明的是,所述光学系统还可以包括显示屏幕(display)1。所述显示屏幕1在光路结构中可用于发射光线,即上述的入射光。

[0058] 也就是说,在本申请实施例提供的光学系统方案中设计了一组透镜组,该透镜组具有三片透镜,将该透镜组布设在如显示屏幕1的出光侧位置,其具体位于显示屏幕1发射出的光线的传播方向上,其能够用于将所述入射光投射到人眼5中进行成像。

[0059] 本申请实施例的光学系统的成像光斑尺寸(spot size)为 $<50\mu\text{m}$,由于该spot size值是比较小的,整个光学系统的成像质量较佳(实际上,spot size值越小,光学系统的成像效果越好)。

[0060] 进一步地,例如spot size均小于2 display pixels。有助于最终实现PPI1000+的显示光学系统的放大显示。

[0061] 本申请实施例提供的方案中,通过采用三片透镜组成透镜组(3P结构),并在光路结构中设计了两个相邻设置的菲涅尔面,再搭配靠近入射光侧的透镜,可实现光路的低色散和短焦,形成的光学系统光效高,能实现高清晰度成像。

[0062] 本申请实施例提出了一种短焦、高分辨率的直透式光路结构设计方案,形成的光学系统可应用于例如头戴显示设备(如,VR设备)中,其有助于实现头戴显示设备的小型化、轻量化发展趋势。

[0063] 此外,本申请实施例提供的光学系统方案在加工难度和制作成本方面都比现有的折叠光路方案要低一些。

[0064] 综合比较,本申请实施例提供的方案克服了现有单片式透镜+显示屏幕(display)的组合方案带来的透镜距离显示屏幕较远,导致VR设备的尺寸较大,不利于产品的小型化及光效低的问题。同时,也能够改善采用折叠光路的缺陷,其加工难度及生产成本都比较低,直透式光学结构也比折叠光路简单。

[0065] 如图1和图2所示,本申请实施例的光学系统例如还包括有显示屏幕1,所述显示屏幕1例如为高PPI(例如,1.4inch,pixel size24um)。在此基础上,常规的单片式透镜(1P)结构或者双片式透镜(2P)结构均不足以分辨该类型的显示屏幕。究其原因在于:

[0066] 单片式透镜(1P)仅存在两个表面的面型自由度的优化,其汇聚能力有限,而且像差或者色差无法校正,全视场可分辨的像素大小(即光斑尺寸spot size)约为 $80\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$,而更重要的是无法达到短焦的目的。

[0067] 双片式透镜(2P)虽然增加了透镜表面面型优化的自由度,可实现短焦,但仍存在解析力的限制,其全视场可分辨的像素大小(即成像光斑尺寸spot size)约为 $60\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$,成像效果不佳。

[0068] 而本申请实施例提供的方案中,采用三片式透镜(3P)结构,其能够进一步提升像素的解析力,并且能够在一定程度上校正色差。所述光学系统的成像光斑尺寸(spot size) $< 50\mu\text{m}$ 。三片式透镜(3P)结构形成的透镜组为短焦。考虑到光路结构中的空气间隔与短焦,还设计了两个相邻设置的菲涅尔面。并且,考虑到色差的影响,采用了所述第三透镜4来进行消色差。

[0069] 在本申请的一些例子中,如图1和图2所示,所述第一透镜2与所述第二透镜3之间设置有第一间隔 T_1 ;所述第三透镜4与所述第二透镜3之间设置有第二间隔 T_2 ,且所述第二间隔 T_2 大于所述第一间隔 T_1 ;所述第一透镜2、所述第二透镜3及所述第三透镜4位于同一光轴上。

[0070] 本申请实施例中,所述第一透镜2与所述第二透镜3之间设置为较窄尺寸的空气间隔;同时,所述第二透镜3与所述第三透镜4之间也设置了较窄的空气间隔。通过对各透镜之间空气间隔的优化设计,这有助于实现整个光学系统的小型化。

[0071] 可选的是,所述第一间隔 T_1 设置为 $0.2\text{mm}\leq T_1\leq 1\text{mm}$,所述第二间隔 T_2 设置为 $1\text{mm}\leq T_2\leq 3\text{mm}$,所述第二间隔 T_2 大于所述第一间隔 T_1 。

[0072] 从上述的间隔尺寸内可以看出,所述第一透镜2与所述第二透镜3之间,以及所述第二透镜3与所述第三透镜4之间分别形成了合理尺寸的窄空气间隔,其能够使形成的所述光学系统更好地实现超短焦、高分辨率。

[0073] 并且,所述透镜组中各透镜的间距在经过合理布置之后,还需要考虑所述第三透镜4与所述显示屏幕1之间的间隔尺寸。

[0074] 例如,所述第三透镜4与所述显示屏幕1之间设置有第三间隔 T_3 。

[0075] 可选的是,所述第三间隔 T_3 设置为 $5\text{mm}\leq T_3\leq 15\text{mm}$ 。

[0076] 在本申请的一些例子中,如图1和图2所示,所述第一透镜2和所述第二透镜3的光焦度均为正。

[0077] 也就是说,所述第一透镜2和所述第二透镜3例如均设计为正透镜。

[0078] 在本申请的一些例子中,如图1和图2所示,所述第一透镜2和所述第二透镜3相邻的两个面为菲涅尔面。

[0079] 在光路结构中设计两个相邻设置的菲涅尔面,这有助于减少杂散光。

[0080] 在本申请的一些例子中,如图1和图2所示,所述第一透镜2包括第一表面21和第二表面22,所述第二透镜3包括第三表面31和第四表面32;

[0081] 所述第二表面22与所述第三表面31为相邻设置,且均为菲涅尔面;

[0082] 所述第一表面21和所述第四表面32均为非球面。

[0083] 在本申请实施例提供的光学系统中,如图1和图2所示,所述第一透镜2的第一表面21直接面向人眼5,其是位于外部的,所述第一表面21例如设置为非球面(例如凸面);所述第一透镜2的第二表面22则设置为菲涅尔面,这样,所述第一透镜2(正透镜)就形成了非球面+菲涅尔面的两种面型组合形式。

[0084] 可选的是,在所述第一透镜2的第一表面21和第二表面22上分别镀有增透膜(Anti-Reflective coating,AR)。

[0085] 在所述第一透镜2的两个表面上分别镀有增透膜之后,可通过所述增透膜来减少反射光,以此来增加光线在所述第一透镜2两个表面上的透过率。

[0086] 可选的是,在所述第一透镜2的第一表面21上除了镀有所述增透膜之外,在所述第一表面21上还可以镀上硬化膜。

[0087] 这是因为:所述第一透镜2的第一表面21是面向外部的,其需要避免划伤、碰伤等损伤,通过镀上所述硬化膜之后就能够提高所述第一透镜2的使用寿命。在所述第一表面21上镀硬化膜,即对所述第一表面21进行硬化处理,以此就能够提高所述第一表面21的硬度、强度等。这对于提高整个光学系统的使用寿命是有利的。

[0088] 当然,本申请实施例中并不限于在所述第一透镜2的第一表面21上镀硬化膜,还可以在所述第一透镜2的第二表面22上镀有硬化膜,本领域技术人员可以根据具体需要灵活调整,本申请在此不做具体限制。

[0089] 此外,本申请实施例中,所述第一透镜2还具有如下参数。

[0090] 例如,所述第一透镜2的第一表面21的半径 R_1 的绝对值满足: $35\text{mm} \leq R_1 \leq 65\text{mm}$;所述第一透镜2的第二表面22的半径 R_2 的绝对值满足: $20\text{mm} \leq R_2 \leq 40\text{mm}$;所述第一透镜2的第一表面21和第二表面22的圆锥系数 K_1 的绝对值满足: $K_1 \leq 20$ 。

[0091] 其中,所述第一表面21与所述第二表面22的面型设计不同。

[0092] 具体地,朝向外的所述第一表面21被设计为非球面(例如凸面),而所述第二表面22被设计为菲涅尔面,利用菲涅尔面和非球面组合形成的第一透镜2应用于光路结构中有助于实现短焦、高分辨的效果。

[0093] 本申请的实施例中,在对所述第一透镜2的面型优化之后,考虑到加工难度及成本,更为优选的是,将所述第一透镜2的圆锥系数(Coin Constant),即 K_1 值例如设计在 $[-10, 10]$,并且,所述第一透镜2的菲涅尔面的半径 $R > 23\text{mm}$ 。

[0094] 在本申请的一些例子中,所述第二透镜3与所述第一透镜2的面型组合形式可以是相同的,且二者之间保持较窄的空气间隔。

[0095] 例如,所述第二透镜3的所述第三表面31为菲涅尔面,所述第二透镜3的所述第四表面32设置为非球面(例如凸面)。

[0096] 所述第二透镜3(为正透镜)位于所述第一透镜2与所述第三透镜4之间,且所述第二透镜3更加靠近所述第一透镜2设置,与所述第一透镜2组合能够形成正透镜组,二者可为

整个光路结构提供较大的光焦度。

[0097] 可选的是,在所述第三表面31和第四表面32上也镀有增透膜。

[0098] 通过所述增透膜来减少反射光,以此来增加光线在所述第二透镜3两个表面上的透过率。

[0099] 此外,本申请实施例中,所述第二透镜3还具有如下参数。

[0100] 在本申请的一些例子中,所述第二透镜3的第三表面31的半径 R_3 的绝对值满足: $20\text{mm} \leq R_3 \leq 40\text{mm}$;所述第二透镜3的第四表面32的半径 R_4 的绝对值满足: $30\text{mm} \leq R_4 \leq 60\text{mm}$;所述第二透镜3的第三表面31和第四表面32的圆锥系数 K_2 的绝对值满足: $K_2 \leq 20$ 。

[0101] 本申请的实施例中,在对所述第二透镜3的面型优化之后,考虑到加工难度及成本,更为优选的是,将所述第二透镜3的圆锥系数(Coin Constant),即 K_2 值设计在 $[-10, 10]$,并且所述第二透镜3的菲涅尔面的半径 $>23\text{mm}$ 。这与所述第一透镜2基本是相同的。

[0102] 需要说明的是,所述第一透镜2和所述第二透镜3均具有菲涅尔面。考虑到镜片面型的加工,需要将面型参数设定到某一范围内,否则会出现加工精度低或者断刀风险(这是因为齿形加工困难大,齿形的锐角越小,加工的倾角和动作越困难)。也正因为如此,设定圆锥系数 K 值较为优选地范围为 $[-10, 10]$,且各透镜的菲涅尔面的 R 值在 23mm 以上。

[0103] 在本申请实施例的方案中,对于所述第一透镜2和所述第二透镜3,即两个正透镜,均利用非球面(例如凸面)+菲涅尔面组合的方式,基于不同折射率&阿贝数材料选择及配合,实现了光路结构的低色散及短焦。

[0104] 在本申请的一些例子中,如图1和图2所示,所述第三透镜4包括第五表面41和第六表面42;所述第五表面41与所述第四表面32为相邻设置;所述第五表面41和所述第六表面42中的至少一个为非球面。

[0105] 例如,所述第三透镜4的光焦度为负。

[0106] 所述第三透镜4为中间薄而周边厚的负透镜,其具有发散光的能力。所述第三透镜4在整个光路结构中可用以进行消色差。

[0107] 所述第三透镜4例如可以为双凹透镜(即两个表面均为凹面),也可以为平凹透镜(即一个表面为凹面,另一个表面为平面)。

[0108] 较为优选的是,所述第五表面41设置为平面,所述第六表面42设置为凹面。即,在光路结构中,与所述第四表面32相邻的面为平面,与所述显示屏1相邻的面为凹面。

[0109] 此外,本申请实施例中,所述第三透镜4还具有如下参数。

[0110] 例如,所述第三透镜4的第五表面41的半径 R_5 的绝对值满足: $R_5 \geq 30\text{mm}$;所述第三透镜4的第六表面42半径的 R_6 的绝对值满足: $30\text{mm} \leq R_6 \leq 60\text{mm}$;所述第三透镜4的第五表面41和第六表面42的圆锥系数 K_3 的绝对值满足: $K_3 \leq 10$ 。

[0111] 可选的是,在所述第五表面41和所述第六表面42上均镀有增透膜(Anti-Reflective coating,AR)。

[0112] 在所述第三透镜4的两个表面上分别镀有增透膜之后,可通过所述增透膜来减少反射光,以此来增加光线在所述第三透镜4两个表面上的透过率。

[0113] 在本申请一个具体的例子中,如1所示,所述光学系统包括:显示屏1以及由所述第一透镜2、所述第二透镜3和所述第三透镜4形成的透镜组;其中,所述显示屏1作为显示光源,可以发出光线,该光线可作为入射光进入所述透镜组中;所述第一透镜2和所述第二

透镜3均为正透镜,且二者为非球面+菲涅尔面的面型组合形式,所述第三透镜4为负透镜。在三个透镜的各表面均进行了镀增透膜处理,还对所述第一透镜2的第一表面21进行了硬化膜加硬+增透膜处理。在此基础上,如图2所示:

[0114] 所述显示屏1发出的成像光束(光线)经过镀有增透膜的所述第三透镜4的第六表面42进入到所述第三透镜4内部,经所述第三透镜4的传递光线被发散后进入到所述第二透镜3,所述第二透镜3的两个表面也均镀有增透膜且为正透镜,这样,光线经所述第二透镜3后进行汇聚,然后进入至所述第一透镜2,所述第一透镜2仍为汇聚的正透镜,经所述第一透镜2的光线传输后,再进入到人眼5进行成像。整个光学系统中并无光路折叠,且各透镜的表面均镀有增透膜,光线传递效率高。

[0115] 在本申请的一些例子中,所述第一透镜2和所述第二透镜3的材质相同,且均为COP材料;所述第三透镜4为OKP材料或者EP材料。

[0116] COP材料、OKP材料、EP材料均为透光的树脂材料,质量轻,通过采用这些材料制作透镜,可以降低透镜组的质量,实现轻量化。

[0117] 对于各透镜,在材料选择上,基于短焦和色差的考虑,选择高折射率及高低阿贝数的材料组合进行优化设计。

[0118] 此外,本领域技术人员可以根据实际需要所述第一透镜2、所述第二透镜3及所述第三透镜4的材质进行合理选择,并不限于上述的材料种类。

[0119] 在本申请的一些例子中,所述第一透镜2的中心厚度值 h_1 为: $2\text{mm} \leq h_1 \leq 4\text{mm}$;所述第二透镜3的中心厚度 h_2 为: $3\text{mm} \leq h_2 \leq 5\text{mm}$;所述第三透镜4的中心厚度 h_3 为: $2\text{mm} \leq h_3 \leq 4\text{mm}$ 。

[0120] 在本申请的一些例子中,所述第一透镜2的有效焦距 f_1 为: $20\text{mm} \leq f_1 \leq 40\text{mm}$;所述第二透镜3的有效焦距 f_2 为: $20\text{mm} \leq f_2 \leq 40\text{mm}$;所述第三透镜4的有效焦距 f_3 为: $-75\text{mm} \leq f_3 \leq -35\text{mm}$ 。

[0121] 所述第一透镜2的有效焦距 f_1 和所述第二透镜3的有效焦距 f_2 均大于所述透镜组的有效焦距 f 。

[0122] 所述第一透镜2的有效焦距 f_1 和所述第二透镜3的有效焦距 f_2 之和大于所述第三透镜4的有效焦距 f_3 的绝对值。

[0123] 所述透镜组的有效焦距 f 满足关系为: $15\text{mm} \leq f \leq 25\text{mm}$ 。

[0124] 本申请提供的是一种短焦光学系统。整个光学系统中并无光路折叠,是一种直透式的光学系统,能够实现高清成像。

[0125] 以下为本申请实施例提供的方案的一个应用实例:

[0126] (1) 配合1.4inch显示屏1实现了90度视场角。

[0127] (2) 畸变小于34.6%,场曲小于0.5mm。

[0128] (3) 色差小于178um。虚像距离为1500mm。

[0129] (4) 0~1.0F的spot size均小于2 display pixels,实现可见光波段(450nm~630nm)清晰成像。

[0130] (5) 系统的有效焦距为19.2mm。

[0131] 实施例1

[0132] 实施例1提供了一种光学系统,采用下表1示出了光学系统中的结构参数。

[0133] 表1中分别列出由人眼5(光阑)到显示屏1依序编号的光学面号码(Surface)、在

光轴上各光学面的曲率(C)、从人眼5(光阑)到显示屏幕1的光轴上各光学面与后一光学面的距离(T),及偶次非球面系数 α_2 、 α_3 、 α_4 。

[0134] 其中,非球面系数可以满足如下的方程:

$$[0135] \quad z = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)C^2Y^2}} + \sum_{i=2}^N \alpha_i Y^{2i} \quad (1);$$

[0136] 式(1)中: z 是沿光轴方向的坐标, Y 为以透镜长度单位为单位的径向坐标, C 是曲率($1/R$), K 为圆锥系数(Coin Constant), α_i 是各高次项的系数, $2i$ 是非球面的高次方(the order of Aspherical Coefficient)。

[0137] 本申请的方案设计中考虑到场曲的平缓,无高次项球面系数至4阶。

[0138] 表1

Surf	Type	Radius	Thickness	GLASS	Clear Diam	Mech Diam	Conic	4th	6TH
OBJ	STANDARD	Infinity	-1500		3000	3000	0		
STO	STANDARD	Infinity	12		4	4	0		
2	EVENASPH	45	3.038877	K26R	31.82877	32.98539	-5.517374	-3.2592E-06	-2.7835E-08
3	FRESNELS	-23.9999	0.4997432		32.98539	32.98539	-0.7734803	8.7502E-06	-5.9717E-08
[0139] 4	FRESNELS	25.99997	3.500776	K26R	33.26769	33.26769	-0.323913	7.4356E-06	1.7866E-08
5	EVENASPH	-40.60213	2.00001		32.41833	32.41833	-10.00002	9.4459E-06	3.7162E-08
6	EVENASPH	-249.9341	2.998851	OKP-1	31.20744	31.20744	-9.998243	-3.1138E-06	2.5098E-08
7	EVENASPH	42.51078	10.96698		29.83988	31.20744	0.4596061	1.4856E-07	-9.5921E-08
8	STANDARD	Infinity	0.45	BK7	25.30191	25.30724	0		
9	STANDARD	Infinity	0.0999886		25.30724	25.30724	0		
IMA	STANDARD	Infinity			25.12076	25.12076	0		

[0140] 通过如下参数反应本申请实施例1的光学系统的性能好坏:

[0141] 如图3所示,spot size最大处为最大视场1.0F,其最大值 $<44\mu\text{m}$,该值比较小,这有利于提高成像质量。

[0142] 如图4所示,T&S方向场曲RGB波长均 $<0.5\text{mm}$,最大畸变为最大视场处 $<34.6\%$;

[0143] 如图5所示,RGB最大色散为视场最大位置,整个RGB 450nm~610nm,LCA为178nm。

[0144] 实施例2

[0145] 实施例2提供了一种光学系统,采用下表2示出了该光学系统中的结构参数,该光学系统如图6所示。表2中分别列出由人眼5(光阑)到显示屏幕1依序编号的光学面号码(Surface)、在光轴上各光学面的曲率(C)、从人眼5(光阑)到显示屏幕1的光轴上各光学面与后一光学面的距离(T),及偶次非球面系数 α_2 、 α_3 、 α_4 。

[0146] 表2

Surf	Type	Radius	Thickness	GLASS	Clear Diam	Mech Diam	Conic	4th	6TH
OBJ	STANDARD	Infinity	-1500		3000	3000	0		
STO	STANDARD	Infinity	12		4	4	0		
2	EVENASPH	47.89796	2.999817	K26R	30.72927	32.59148	-9.999941	-4.25012E-06	-4.1728E-08
3	FRESNELS	-23.99987	0.499888		32.59148	32.59148	-2.533428	5.96725E-06	-9.6153E-08
4	FRESNELS	26.50084	2.999886	K26R	32.91752	32.91752	-0.09258337	1.69338E-05	1.52413E-08
5	EVENASPH	-45.22382	1.997121		31.97075	31.97075	-10	7.56065E-06	5.9383E-08
6	EVENASPH	-221.8466	2.998931	OKP-1	30.9888	30.9888	8.235414	-2.26842E-06	1.43049E-08
7	EVENASPH	44.11565	11.44181		29.85398	30.9888	0.3912324	-8.45237E-07	-9.6799E-08
8	STANDARD	Infinity	0.45	BK7	25.29196	25.3127	0		
9	STANDARD	Infinity	0.0998032		25.3127	25.3127	0		
IMA	STANDARD	Infinity			25.12605	25.12605	0		

[0147] 通过如下参数反应本申请实施例2的光学系统的性能好坏：

[0148] 如图7所示，spot size最大处为最大视场0.9F，其最大值 $< 48\mu\text{m}$ ，该值比较小，这有利于提高成像质量。

[0149] 如图8所示，T&S方向场曲RGB波长均 $< 0.5\text{mm}$ ，最大畸变为最大视场处 $< 35\%$ ；

[0150] 如图9所示，RGB最大色散为视场最大位置，整个RGB 450nm~610nm，LCA为170nm。

[0151] 本申请实施例提供了一种短焦、高清晰的直透式光学系统，其中并不涉及折叠光路：

[0152] (1) 通过两片正透镜+一片负透镜组合形成三片式透镜组(3P结构)，其中对两个正透镜的面型进行优化，设计了非球面+菲涅尔面，并使两个菲涅尔面为相邻设置，可实现超短焦；

[0153] (2) 在所述透镜组中，利用两个正透镜与一个负透镜的组合，还实现了高解析和低色散的效果；

[0154] (3) 通过不同折射率和阿贝数材料的选择以及相互配合，有助于实现光路的低色散；

[0155] (4) 整个光学系统为直透式光学结构，其加工成本和难度都比较低。

[0156] 根据本申请的另一个方面，提供了一种头戴显示设备。

[0157] 所述头戴显示设备包括如上任一种所述的光学系统。

[0158] 所述头戴显示设备例如为VR设备。

[0159] 上文实施例中重点描述的是各个实施例之间的不同，各个实施例之间不同的优化特征只要不矛盾，均可以组合形成更优的实施例，考虑到行文简洁，在此则不再赘述。

[0160] 虽然已经通过例子对本申请的一些特定实施例进行了详细说明，但是本领域的技术人员应该理解，以上例子仅是为了进行说明，而不是为了限制本申请的范围。本领域的技术人员应该理解，可在不脱离本申请的范围和精神的情况下，对以上实施例进行修改。本申请的范围由所附权利要求来限定。

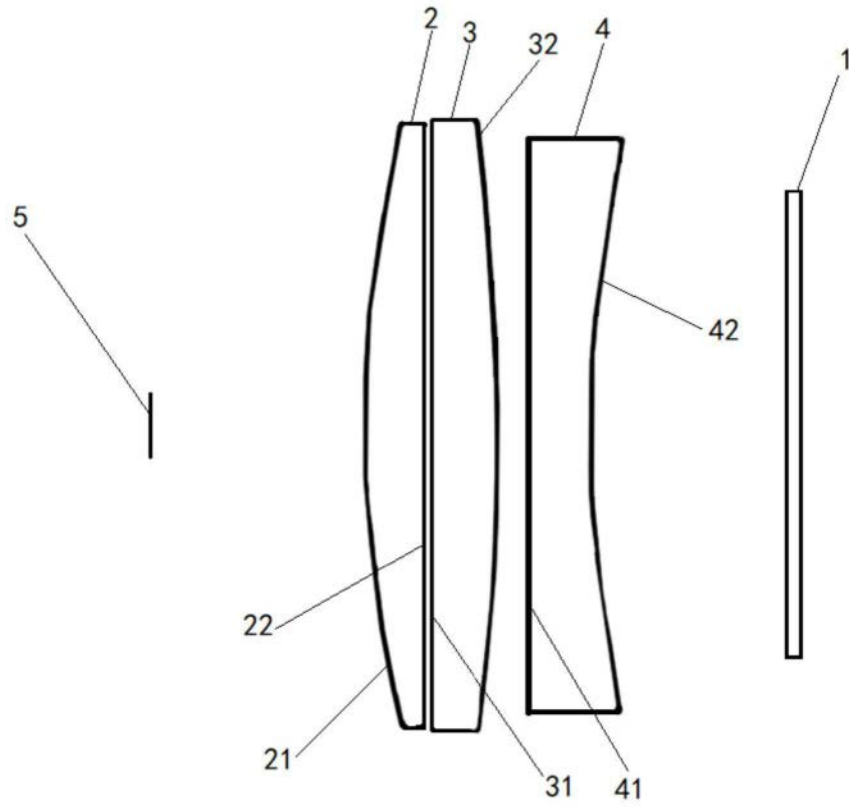


图1

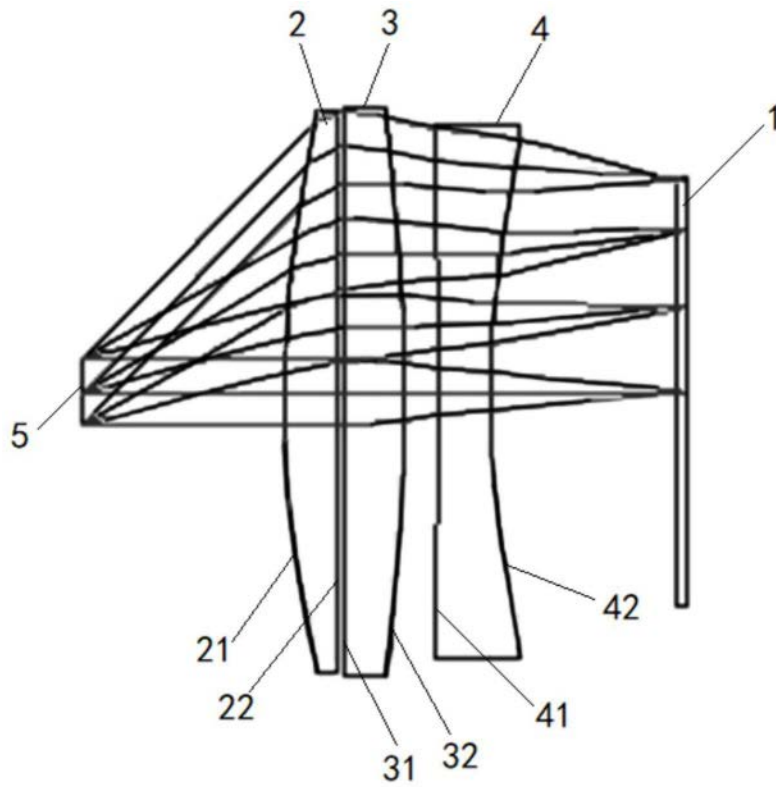
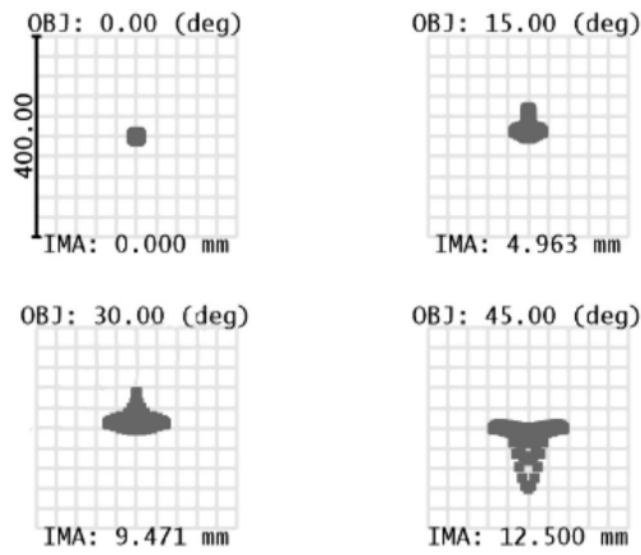


图2

0.54



Surface: IMA

Spot Diagram					Zemax Zemax OpticStudio 17	
2021/9/5					3P-Fresnel - output.ZMX Configuration 1 of 1	
Units are μm . Legend items refer to Wavelengths						
Field	1	2	3	4		
RMS radius	5.589	23.942	35.223	44.010		
GEO radius	9.062	58.363	71.563	120.716		
Scale bar	400		Reference		Chief Ray	

图3

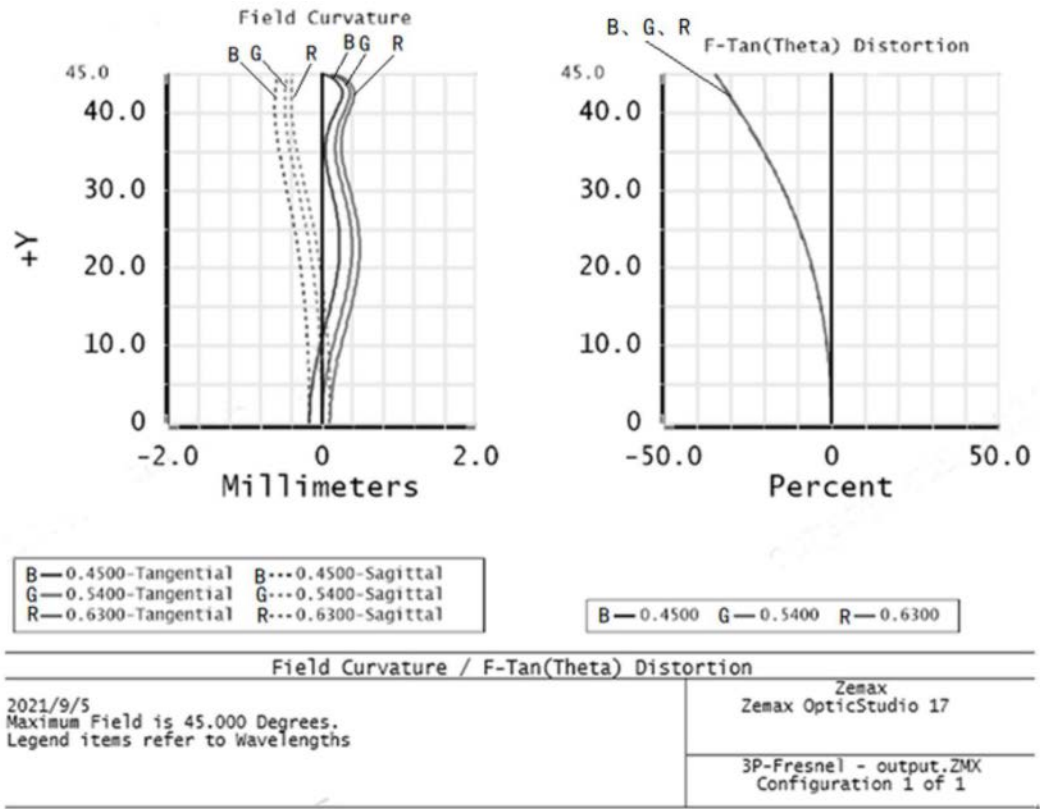


图4

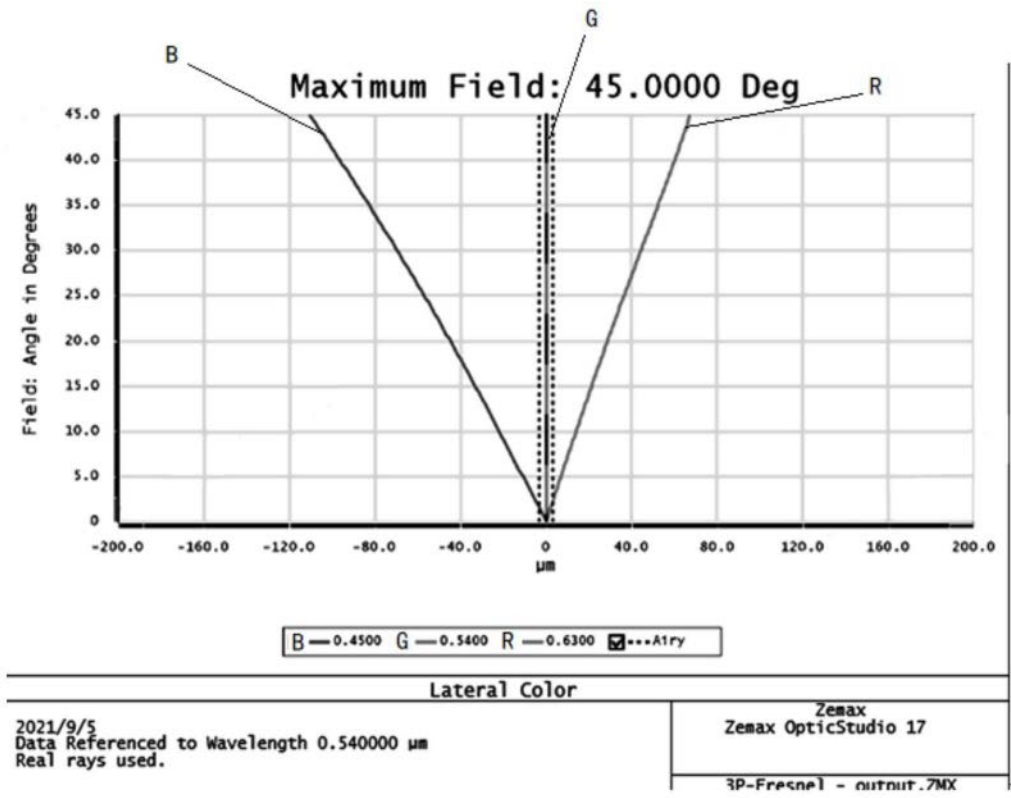


图5

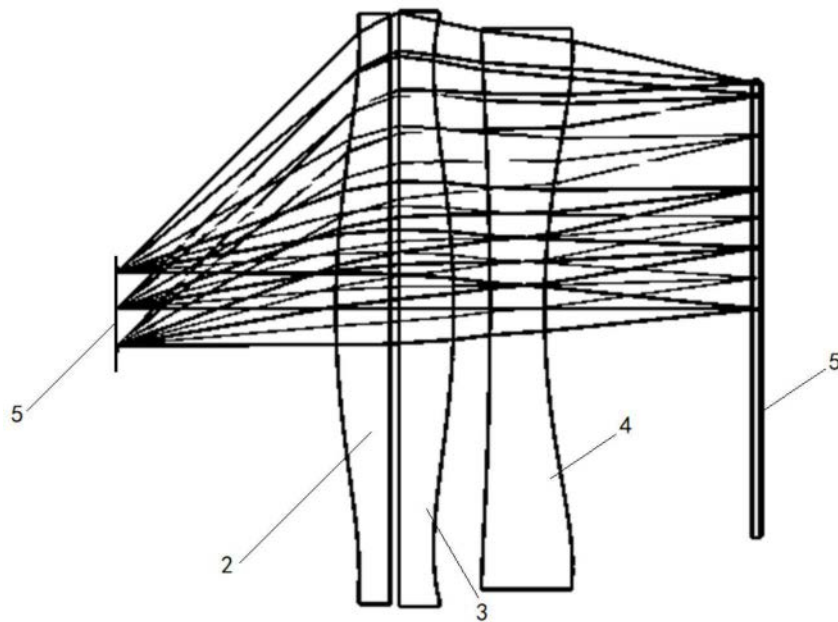


图6

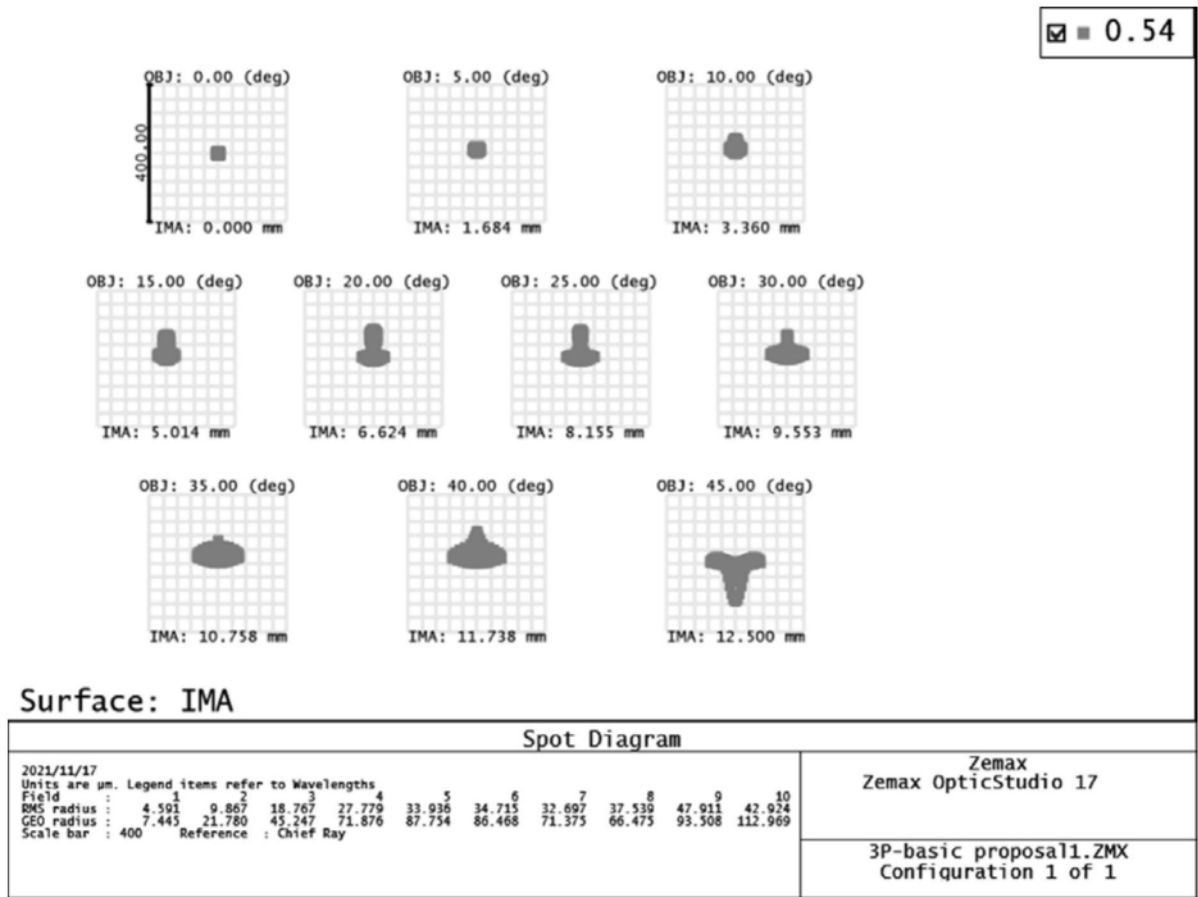


图7

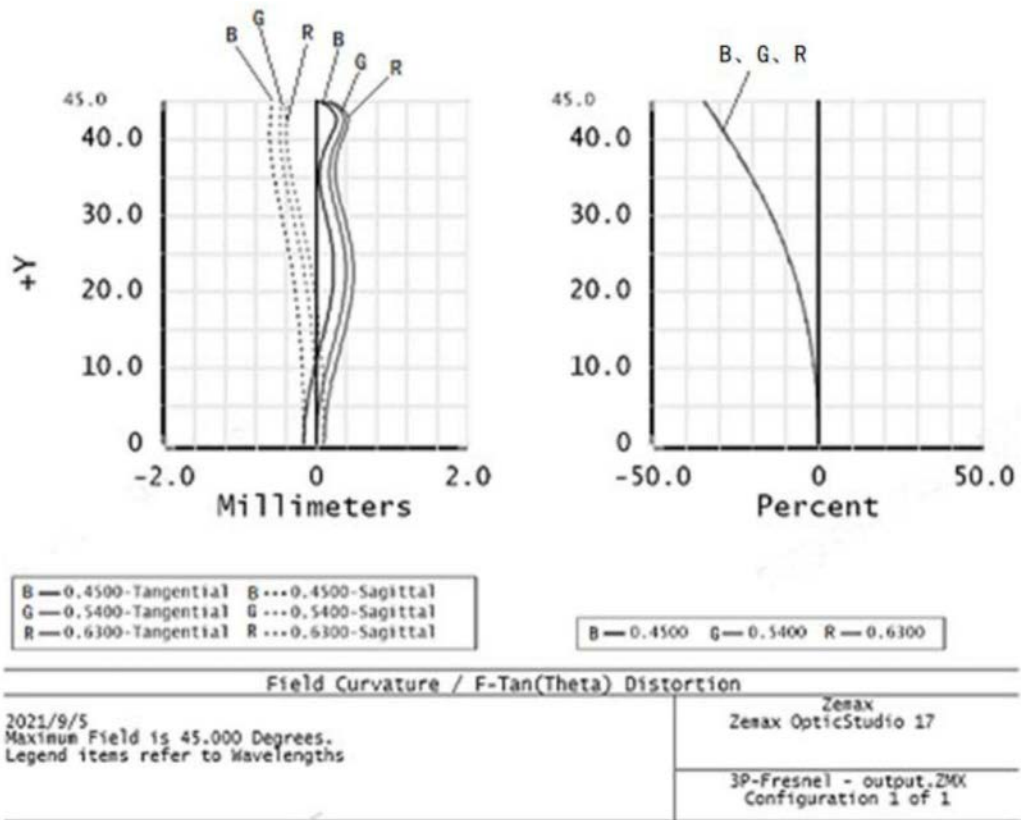


图8

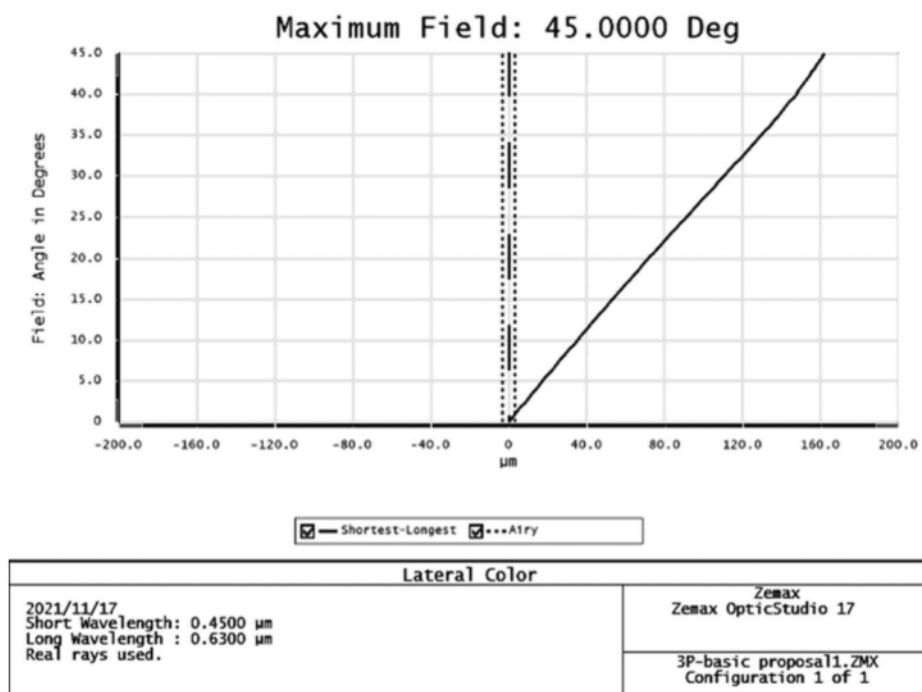


图9