

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 10 月 3 日 (03.10.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/184367 A1

- (51) 国际专利分类号:
G02B 13/00 (2006.01) **G02B 11/30** (2006.01)
G02B 13/06 (2006.01) **G02B 9/60** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/114512
- (22) 国际申请日: 2018 年 11 月 8 日 (08.11.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201810297721.1 2018年3月30日 (30.03.2018) CN
- (71) 申请人: 浙江舜宇光学有限公司 (ZHEJIANG SUNNY OPTICAL CO., LTD) [CN/CN]; 中国浙江省宁波市余姚市舜宇路 66-68 号, Zhejiang 315400 (CN)。
- (72) 发明人: 黄林 (HUANG, Lin); 中国浙江省宁波市余姚市舜宇路 66-68 号, Zhejiang 315400 (CN)。 娄琪琪 (LOU, Qiqi); 中国浙江省宁波市余姚市舜宇路 66-68 号, Zhejiang 315400 (CN)。
- (74) 代理人: 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司 (INSIGHT INTELLECTUAL PROPERTY LIMITED); 中国北京市海淀区知春路甲 48 号盈都大厦 A 座 19A, Beijing 100098 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告 (条约第 21 条 (3))。

(54) Title: OPTICAL SYSTEM

(54) 发明名称: 光学系统

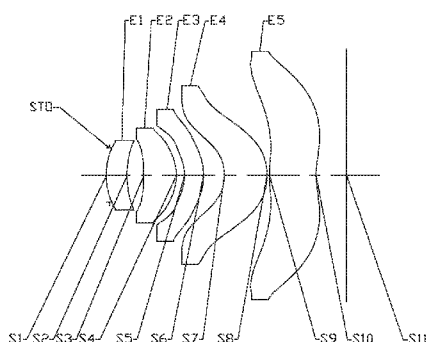


图 1

(57) Abstract: Disclosed is an optical system, the optical system sequentially comprising along an optical axis from an imaging side to an image source side: a first lens, a second lens, a third lens, a fourth lens and a fifth lens, wherein the first lens has positive focal power, and a surface thereof close to the image source side is a concave surface; the second lens has positive focal power, and a surface thereof close to the image source side is a convex surface; the third lens has negative focal power, and a surface thereof close to the image source side is a convex surface; the fourth lens has focal power, and a surface thereof close to the imaging side is a concave surface; and the fifth lens has focal power. An effective focal distance f_2 of the second lens and a total effective focal distance f of the optical system meets $0 < f_2/f < 1$.

(57) 摘要: 本申请公开了一种光学系统, 该光学系统沿光轴由成像侧至像源侧依序包括: 第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜和第五透镜。其中, 第一透镜具有正光焦度, 其近像源侧面为凹面; 第二透镜具有正光焦度, 其近像源侧面为凸面; 第三透镜具有负光焦度, 其近像源侧面为凸面; 第四透镜具有光焦度, 其近成像侧面为凹面; 第五透镜具有光焦度。第二透镜的有效焦距 f_2 与光学系统的总有效焦距 f 满足 $0 < f_2/f < 1$ 。

WO 2019/184367 A1

光学系统

相关申请的交叉引用

本申请要求于 2018 年 3 月 30 日提交于中国国家知识产权局
5 (CNIPA) 的、专利申请号为 201810297721.1 的中国专利申请的优先
权和权益，该中国专利申请通过引用整体并入本文。

技术领域

本申请涉及一种光学系统，更具体地，本申请涉及一种包括五片
10 透镜的光学系统。

背景技术

近年来，随着深度识别技术的快速发展，利用三维深度相机便可
以获得目标对象的三维位置及尺寸信息，这在增强现实（AR）技术应
15 用中具有重要意义。

编码结构光技术作为深度识别技术的重要分支之一，其技术原理
是：利用投影镜头模块将经过特殊编码的图像投射到目标对象上；利
用成像接收模块接收反射回来的图像信息；通过后端算法处理得到目
标对象的深度信息。其中，投影镜头作为编码结构光深度识别技术的
20 核心元件，直接影响了深度识别的识别范围和精确度。

而传统投影镜头，通常通过采用增加透镜数量的方式来消除各种
像差并提高分辨率。但是，增加透镜数量会导致投影镜头的光学总长
度增加，不利于镜头的小型化。另外，一般的大视场角投影镜头还会
存在畸变量大，成像质量差等诸多问题，无法满足编码结构光深度识
25 别技术对投影镜头的要求。

发明内容

本申请提供了可适用于便携式电子产品的、可至少解决或部分解
决现有技术中的上述至少一个缺点的光学系统，例如，投影镜头。

30 一方面，本申请提供了这样一种光学系统，该光学系统沿着光轴

由成像侧至像源侧依序包括：第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜和第五透镜。其中，第一透镜可具有正光焦度，其近像源侧面可为凹面；第二透镜可具有正光焦度，其近像源侧面可为凸面；第三透镜可具有负光焦度，其近像源侧面可为凸面；第四透镜具有光焦度，其近成像侧面可为凹面；第五透镜具有光焦度。其中，第二透镜的有效焦距 f_2 与光学系统的总有效焦距 f 可满足 $0 < f_2/f < 1$ 。

在一个实施方式中，第三透镜的近成像侧面至第四透镜的近像源侧面在光轴上的间隔距离 $Tr5r8$ 与第五透镜于光轴上的中心厚度 $CT5$ 可满足 $1.2 < Tr5r8/CT5 < 2.3$ 。

10 在一个实施方式中，第二透镜和第三透镜在光轴上的间隔距离 $T23$ 与第三透镜和第四透镜在光轴上的间隔距离 $T34$ 可满足 $0.2 < T23/T34 < 0.7$ 。

在一个实施方式中，第二透镜的近像源侧面的曲率半径 $R4$ 与第三透镜的近成像侧面的曲率半径 $R5$ 可满足 $|R4-R5|/|R4+R5| < 0.5$ 。

15 在一个实施方式中，第四透镜的近像源侧面的曲率半径 $R8$ 与光学系统的总有效焦距 f 可满足 $-1 < R8/f < 0$ 。

在一个实施方式中，第四透镜的近成像侧面和光轴的交点至第四透镜近成像侧面的最大有效半口径顶点在光轴上距离 $SAG41$ 与第四透镜的近像源侧面和光轴的交点至第四透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在光轴上距离 $SAG42$ 可满足 $0.45 < SAG41/SAG42 < 1$ 。

在一个实施方式中，第五透镜的近成像侧面和光轴的交点至第五透镜近成像侧面的最大有效半口径顶点在光轴上距离 $SAG51$ 与第五透镜的近像源侧面和光轴的交点至第五透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在光轴上距离 $SAG52$ 可满足 $0 < SAG51/SAG52 < 0.6$ 。

25 在一个实施方式中，第五透镜的近像源侧面和光轴的交点至第五透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在光轴上距离 $SAG52$ 与第五透镜于光轴上的中心厚度 $CT5$ 可满足 $-1.5 < SAG52/CT5 < -0.8$ 。

在一个实施方式中，第五透镜的边缘厚度 $ET5$ 与第五透镜于光轴上的中心厚度 $CT5$ 可满足 $0 < ET5/CT5 < 0.5$ 。

30 在一个实施方式中，光学系统的主光线最大入射角度 CRA 、第一

透镜的近成像侧面至光学系统的像源面在光轴上的间隔距离 TTL 与像源直径对角线长的一半 IH 可满足 $2 < (1 + \tan(\text{CRA})) \times \text{TTL} / \text{IH} < 2.5$ 。

在一个实施方式中，光学系统的物方数值孔径 NA 可满足 $\text{NA} < 0.19$ 。

5 在一个实施方式中，光学系统在 800nm 至 1000nm 的光波波段中，光线透过率可大于 85%。

10 在一个实施方式中，第一透镜的近像源侧面的有效半口径 DT12、第二透镜的近像源侧面的有效半口径 DT22、第三透镜的近像源侧面的有效半口径 DT32、第四透镜的近像源侧面的有效半口径 DT42 以及第五透镜的近像源侧面的有效半口径 DT52 可满足 $\text{DT12} < \text{DT22} < \text{DT32} < \text{DT42} < \text{DT52}$ 。

15 另一方面，本申请提供了这样一种光学系统，该光学系统沿着光轴由成像侧至像源侧依序包括：第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜和第五透镜。其中，第一透镜可具有正光焦度，其近像源侧面可为凹面；第二透镜可具有正光焦度，其近像源侧面可为凸面；第三透镜可具有负光焦度，其近像源侧面可为凸面；第四透镜具有光焦度，其近成像侧面可为凹面；第五透镜具有光焦度。其中，第五透镜的边缘厚度 ET5 与第五透镜于光轴上的中心厚度 CT5 可满足 $0 < \text{ET5} / \text{CT5} < 0.5$ 。

20 又一方面，本申请提供了这样一种光学系统，该光学系统沿着光轴由成像侧至像源侧依序包括：第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜和第五透镜。其中，第一透镜可具有正光焦度，其近像源侧面可为凹面；第二透镜可具有正光焦度，其近像源侧面可为凸面；第三透镜可具有负光焦度，其近像源侧面可为凸面；第四透镜具有光焦度，其近成像侧面可为凹面；第五透镜具有光焦度。其中，第五透镜的近像源侧面和光轴的交点至第五透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在光轴上距离 SAG52 与第五透镜于光轴上的中心厚度 CT5 可满足 $-1.5 < \text{SAG52} / \text{CT5} < -0.8$ 。

30 本申请采用了多片（例如，五片）透镜，通过合理选用透镜材质以及合理分配各透镜的光焦度、面型、各透镜的中心厚度以及各透镜

之间的轴上间距等，使得上述光学系统具有大视场、小型化、能够满足深度识别投影需求等至少一个有益效果。

附图说明

5 结合附图，通过以下非限制性实施方式的详细描述，本申请的其他特征、目的和优点将变得更加明显。在附图中：

图 1 示出了根据本申请实施例 1 的光学系统的结构示意图；

图 2A 至图 2C 分别示出了实施例 1 的光学系统的象散曲线、畸变曲线以及相对照度曲线；

10 图 3 示出了根据本申请实施例 2 的光学系统的结构示意图；

图 4A 至图 4C 分别示出了实施例 2 的光学系统的象散曲线、畸变曲线以及相对照度曲线；

图 5 示出了根据本申请实施例 3 的光学系统的结构示意图；

15 图 6A 至图 6C 分别示出了实施例 3 的光学系统的象散曲线、畸变曲线以及相对照度曲线；

图 7 示出了根据本申请实施例 4 的光学系统的结构示意图；

图 8A 至图 8C 分别示出了实施例 4 的光学系统的象散曲线、畸变曲线以及相对照度曲线；

图 9 示出了根据本申请实施例 5 的光学系统的结构示意图；

20 图 10A 至图 10C 分别示出了实施例 5 的光学系统的象散曲线、畸变曲线以及相对照度曲线；

图 11 示出了根据本申请实施例 6 的光学系统的结构示意图；

图 12A 至图 12C 分别示出了实施例 6 的光学系统的象散曲线、畸变曲线以及相对照度曲线；

25 图 13 示出了根据本申请实施例 7 的光学系统的结构示意图；

图 14A 至图 14C 分别示出了实施例 7 的光学系统的象散曲线、畸变曲线以及相对照度曲线。

具体实施方式

30 为了更好地理解本申请，将参考附图对本申请的各个方面做出更

详细的说明。应理解，这些详细说明只是对本申请的示例性实施方式的描述，而非以任何方式限制本申请的范围。在说明书全文中，相同的附图标号指代相同的元件。表述“和/或”包括相关联的所列项目中的一个或多个的任何和全部组合。

5 应注意，在本说明书中，第一、第二等的表述仅用于将一个特征与另一个特征区分开来，而不表示对特征的任何限制。因此，在不背离本申请的教导的情况下，下文中讨论的第一透镜也可被称作第二透镜，第二透镜也可被称作第一透镜。

10 在附图中，为了便于说明，已稍微夸大了透镜的厚度、尺寸和形状。具体来讲，附图中所示的球面或非球面的形状通过示例的方式示出。即，球面或非球面的形状不限于附图中示出的球面或非球面的形状。附图仅为示例而并非严格按比例绘制。

15 在本文中，近轴区域是指光轴附近的区域。若透镜表面为凸面且未界定该凸面位置时，则表示该透镜表面至少于近轴区域为凸面；若透镜表面为凹面且未界定该凹面位置时，则表示该透镜表面至少于近轴区域为凹面。每个透镜中靠近像源侧的表面称为该透镜的近像源侧面，每个透镜中靠近成像侧的表面称为该透镜的近成像侧面。

20 还应理解的是，用语“包括”、“包括有”、“具有”、“包含”和/或“包含有”，当在本说明书中使用时表示存在所陈述的特征、元件和/或部件，但不排除存在或附加有一个或多个其它特征、元件、部件和/或它们的组合。此外，当诸如“...中的至少一个”的表述出现在所列特征的列表之后时，修饰整个所列特征，而不是修饰列表中的单独元件。此外，当描述本申请的实施方式时，使用“可”表示“本申请的一个或多个实施方式”。并且，用语“示例性的”旨在指代示例或举例说明。

25 除非另外限定，否则本文中使用的所有用语（包括技术用语和科学用语）均具有与本申请所属领域普通技术人员的通常理解相同的含义。还应理解的是，用语（例如在常用词典中定义的用语）应被解释为具有与它们在相关技术的上下文中的含义一致的含义，并且将不被以理想化或过度正式意义解释，除非本文中明确如此限定。

30 需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例

中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本申请。

以下对本申请的特征、原理和其他方面进行详细描述。

5 根据本申请示例性实施方式的光学系统可包括例如五片具有光焦度的透镜，即，第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜和第五透镜。这五片透镜沿着光轴由成像侧至像源侧依序排列。

在示例性实施方式中，第一透镜可具有正光焦度，其近像源侧面为凹面；第二透镜可具有正光焦度，其近像源侧面可为凸面；第三透镜可具有负光焦度，其近像源侧面可为凸面；第四透镜具有正光焦度或负光焦度，其近成像侧面可为凹面；第五透镜具有正光焦度或负光焦度。

在示例性实施方式中，第一透镜的近成像侧面可为凸面。

在示例性实施方式中，第三透镜的近成像侧面可为凹面。

15 在示例性实施方式中，第四透镜的近像源侧面可为凸面。

在示例性实施方式中，本申请的光学系统可满足条件式 $0 < f_2/f < 1$ ，其中， f_2 为第二透镜的有效焦距， f 为光学系统的总有效焦距。更具体地， f_2 和 f 进一步可满足 $0.5 < f_2/f < 1$ ，例如， $0.63 \leq f_2/f \leq 0.90$ 。合理的光焦度与面型配置，有利于保证光学系统的结构紧凑，可以有效地系统的象散，保证子午和弧矢两个方向的像质平衡，提升成像品质。

在示例性实施方式中，本申请的光学系统可满足条件式 $2 < (1 + \tan(CRA)) \times TTL/IH < 2.5$ ，其中， CRA 为光学系统的主光线最大入射角度， TTL 为第一透镜的近成像侧面至光学系统的像源面的轴上距离， IH 为像源直径对角线长的一半。更具体地， CRA 、 TTL 和 IH 进一步可满足 $2.1 < (1 + \tan(CRA)) \times TTL/IH < 2.3$ ，例如， $2.12 \leq (1 + \tan(CRA)) \times TTL/IH \leq 2.28$ 。满足条件式 $2 < (1 + \tan(CRA)) \times TTL/IH < 2.5$ ，有利于获得较大的视场角和较短的 TTL ，从而满足大深度识别范围和投影模块小型化的需求。

30 在示例性实施方式中，本申请的光学系统可满足条件式 $NA <$

0.19, 其中, NA 为光学系统的物方数值孔径。更具体地, NA 进一步可满足 $0.16 \leq NA \leq 0.18$ 。满足条件式 $NA < 0.19$, 有利于在满足视场和相对照度的条件下, 获得较好的成像质量。

在示例性实施方式中, 本申请的光学系统可满足条件式 $1.2 < Tr5r8/CT5 < 2.3$, 其中, Tr5r8 为第三透镜的近成像侧面至第四透镜的近像源侧面的轴上距离, CT5 为第五透镜于光轴上的中心厚度。更具体地, Tr5r8 和 CT5 进一步可满足 $1.24 \leq Tr5r8/CT5 \leq 2.21$ 。满足条件式 $1.2 < Tr5r8/CT5 < 2.3$, 有利于降低镜头的厚度敏感性, 满足镜头可加工性的要求。

在示例性实施方式中, 本申请的光学系统可满足条件式 $0.2 < T23/T34 < 0.7$, 其中, T23 为第二透镜和第三透镜在光轴上的间隔距离, T34 为第三透镜和第四透镜在光轴上的间隔距离。更具体地, T23 和 T34 进一步可满足 $0.23 \leq T23/T34 \leq 0.60$ 。满足条件式 $0.2 < T23/T34 < 0.7$, 有利于降低镜头的厚度敏感性, 满足镜头小型化和可加工性的要求。

在示例性实施方式中, 本申请的光学系统可满足条件式 $|R4-R5|/|R4+R5| < 0.5$, 其中, R4 为第二透镜的近像源侧面的曲率半径, R5 为第三透镜的近成像侧面的曲率半径。更具体地, R4 和 R5 进一步可满足 $0.01 \leq |R4-R5|/|R4+R5| \leq 0.48$ 。满足条件式 $|R4-R5|/|R4+R5| < 0.5$, 可以有效地矫正彗差, 降低镜头的偏心敏感性, 提升成像品质。

在示例性实施方式中, 本申请的光学系统可满足条件式 $-1 < R8/f < 0$, 其中, R8 为第四透镜的近像源侧面的曲率半径, f 为光学系统的总有效焦距。更具体地, R8 和 f 进一步可满足 $-0.8 < R8/f < -0.3$, 例如, $-0.70 \leq R8/f \leq -0.37$ 。满足条件式 $-1 < R8/f < 0$, 可以保证光学系统的主光线角 CRA, 并有利于矫正系统的场曲。

在示例性实施方式中, 本申请的光学系统可满足条件式 $0.45 < SAG41/SAG42 < 1$, 其中, SAG41 为第四透镜的近成像侧面和光轴的交点至第四透镜近成像侧面的最大有效半口径顶点的轴上距离, SAG42 为第四透镜的近像源侧面和光轴的交点至第四透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点的轴上距离。更具体地, SAG41 和 SAG42

进一步可满足 $0.46 \leq \text{SAG41}/\text{SAG42} \leq 0.79$ 。满足条件式 $0.45 < \text{SAG41}/\text{SAG42} < 1$ ，可以有效地消除系统球差，获得高清晰度的图像。

在示例性实施方式中，本申请的光学系统可满足条件式 $0 < \text{ET5}/\text{CT5} < 0.5$ ，其中，ET5 为第五透镜的边缘厚度，CT5 为第五透镜于光轴上的中心厚度。更具体地，ET5 和 CT5 进一步可满足 $0.3 < \text{ET5}/\text{CT5} < 0.5$ ，例如， $0.35 \leq \text{ET5}/\text{CT5} \leq 0.42$ 。满足条件式 $0 < \text{ET5}/\text{CT5} < 0.5$ ，可以确保系统主光线角 CRA 的匹配，并可以有效地消除场曲。

在示例性实施方式中，本申请的光学系统可满足条件式 $0 < \text{SAG51}/\text{SAG52} < 0.6$ ，其中，SAG51 为第五透镜的近成像侧面和光轴的交点至第五透镜近成像侧面的最大有效半口径顶点的轴上距离，SAG52 为第五透镜的近像源侧面和光轴的交点至第五透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点的轴上距离。更具体地，SAG51 和 SAG52 进一步可满足 $0.2 < \text{SAG51}/\text{SAG52} < 0.6$ ，例如， $0.24 \leq \text{SAG51}/\text{SAG52} \leq 0.58$ 。满足条件式 $0 < \text{SAG51}/\text{SAG52} < 0.6$ ，可以有效地消除系统球差，获得高清晰度的图像。

在示例性实施方式中，本申请的光学系统可满足条件式 $-1.5 < \text{SAG52}/\text{CT5} < -0.8$ ，其中，SAG52 为第五透镜的近像源侧面和光轴的交点至第五透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点的轴上距离，CT5 为第五透镜于光轴上的中心厚度。更具体地，SAG52 和 CT5 进一步可满足 $-1.36 \leq \text{SAG52}/\text{CT5} \leq -0.82$ 。满足条件式 $-1.5 < \text{SAG52}/\text{CT5} < -0.8$ ，可以确保系统主光线角 CRA 的匹配，并可以有效地消除球差。

在示例性实施方式中，本申请的光学系统在约 800nm 至约 1000nm 的光波波段中，光线透过率大于 85%。这样的设置有利于获得高亮度的投影画面，并降低对接收镜头的光圈要求。

在示例性实施方式中，本申请的光学系统可满足条件式 $\text{DT12} < \text{DT22} < \text{DT32} < \text{DT42} < \text{DT52}$ ，其中，DT12 为第一透镜的近像源侧面的有效半口径，DT22 为第二透镜的近像源侧面的有效半口径，DT32 为第三透镜的近像源侧面的有效半口径，DT42 为第四透镜的近像源侧面的有效半口径，DT52 为第五透镜的近像源侧面的有效半口径。满足条件式 $\text{DT12} < \text{DT22} < \text{DT32} < \text{DT42} < \text{DT52}$ ，可以更好地保证结构上

的可行性，降低组配公差的影响。

在示例性实施方式中，上述光学系统还可包括至少一个光阑，以提升系统的成像质量。可选地，光阑可设置在成像侧与第一透镜之间。

可选地，上述光学系统还可包括其他公知的光学投影元件，例如，
5 棱镜、场镜等。

根据本申请的上述实施方式的光学系统可采用例如五片透镜，通过合理选取透镜的材质并合理分配各透镜的光焦度、面型、各透镜的中心厚度以及各透镜之间的轴上间距等，使得光学系统具有大视场、小型化、能够很好地满足深度识别投影需求等有益效果。

10 在本申请的实施方式中，各透镜多采用非球面镜面。非球面透镜的特点是：从透镜中心到透镜周边，曲率是连续变化的。与从透镜中心到透镜周边具有恒定曲率的球面透镜不同，非球面透镜具有更佳的曲率半径特性，具有改善歪曲像差及改善像散像差的优点。采用非球面透镜后，能够尽可能地消除在成像的时候出现的像差，从而改善成
15 像质量。

然而，本领域的技术人员应当理解，在未背离本申请要求保护的技术方案的情况下，可改变构成光学系统的透镜数量，来获得本说明书中描述的各个结果和优点。例如，虽然在实施方式中以五个透镜为例进行了描述，但是该光学系统不限于包括五个透镜。如果需要，该
20 光学系统还可包括其它数量的透镜。

下面参照附图进一步描述可适用于上述实施方式的光学系统的具体实施例。

实施例 1

25 以下参照图 1 至图 2C 描述根据本申请实施例 1 的光学系统。图 1 示出了根据本申请实施例 1 的光学系统的结构示意图。

如图 1 所示，根据本申请示例性实施方式的光学系统沿光轴由成像侧至像源侧依序包括：光阑 STO、第一透镜 E1、第二透镜 E2、第三透镜 E3、第四透镜 E4 和第五透镜 E5。

30 第一透镜 E1 具有正光焦度，其近成像侧面 S1 为凸面，近像源侧

面 S2 为凹面；第二透镜 E2 具有正光焦度，其近成像侧面 S3 为凹面，近像源侧面 S4 为凸面；第三透镜 E3 具有负光焦度，其近成像侧面 S5 为凹面，近像源侧面 S6 为凸面；第四透镜 E4 具有正光焦度，其近成像侧面 S7 为凹面，近像源侧面 S8 为凸面；第五透镜 E5 具有负光焦度，其近成像侧面 S9 为凸面，近像源侧面 S10 为凹面。在约 800nm 至约 1000nm 光波波段中，该光学系统的光线透过率大于 85%。来自像源面 S11 的光依序穿过各表面 S10 至 S1 并最终投射至空间中的目标物体上（未示出）。

表 1 示出了实施例 1 的光学系统的各透镜的表面类型、曲率半径、厚度、材料及圆锥系数，其中，曲率半径和厚度的单位均为毫米（mm）。

面号	表面类型	曲率半径	厚度	材料		圆锥系数
				折射率	色散系数	
STO	球面	无穷	-0.0408			
S1	非球面	0.8354	0.2532	1.62	23.5	0.4551
S2	非球面	1.2977	0.2002			-4.6222
S3	非球面	-1.8808	0.3932	1.62	23.5	-0.5384
S4	非球面	-0.5418	0.0990			-0.5901
S5	非球面	-0.5021	0.2265	1.53	55.8	-0.5084
S6	非球面	-0.8735	0.2505			-0.3229
S7	非球面	-0.6648	0.5146	1.62	23.5	-1.5215
S8	非球面	-0.7875	0.0300			-0.6091
S9	非球面	1.3603	0.5614	1.62	23.5	-99.0000
S10	非球面	0.7668	0.3682			-31.3928
S11	球面	无穷				

表 1

由表 1 可知，第一透镜 E1 至第五透镜 E5 中任意一个透镜的近成像侧面和近像源侧面均为非球面。在本实施例中，各非球面透镜的面型 x 可利用但不限于以下非球面公式进行限定：

$$x = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)c^2h^2}} + \sum A_i h^i \quad (1)$$

其中， x 为非球面沿光轴方向在高度为 h 的位置时，距非球面顶点的距离矢高； c 为非球面的近轴曲率， $c = 1/R$ （即，近轴曲率 c 为上

表 1 中曲率半径 R 的倒数); k 为圆锥系数 (在表 1 中已给出); A_i 是非球面第 i -th 阶的修正系数。下表 2 给出了可用于实施例 1 中各非球面镜面 S1-S10 的高次项系数 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 、 A_{12} 、 A_{14} 和 A_{16} 。

面号	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
S1	1.0197E-01	-4.5422E-01	2.5461E+01	-2.9024E+02	1.4751E+03	-3.4301E+03	2.9854E+03
S2	5.5465E-01	2.1911E-01	5.4055E+00	-4.4218E+01	3.5345E+02	-1.3419E+03	2.4547E+03
S3	-7.0381E-01	3.3415E+00	-5.6566E+01	8.1592E+01	1.3153E+03	-6.2806E+03	8.7888E+03
S4	-9.1505E-01	5.7198E+01	-6.2349E+02	3.3874E+03	-1.0636E+04	1.8346E+04	-1.3033E+04
S5	-2.5013E+00	1.1302E+02	-1.0869E+03	5.5842E+03	-1.7402E+04	3.0429E+04	-2.2325E+04
S6	-4.1469E+00	4.3171E+01	-1.8223E+02	3.8984E+02	-4.3848E+02	2.4570E+02	-5.3427E+01
S7	-5.2475E+00	1.9337E+01	-2.8812E+01	2.1691E+01	-7.7923E+00	7.7722E-01	1.3442E-01
S8	-2.2668E+00	8.0036E+00	-2.0805E+01	3.5687E+01	-3.2986E+01	1.5034E+01	-2.6577E+00
S9	-8.4623E-01	1.5993E+00	-1.9278E+00	1.4440E+00	-6.3131E-01	1.4896E-01	-1.4782E-02
S10	-6.6916E-01	1.1481E+00	-1.6415E+00	1.4726E+00	-7.7444E-01	2.1681E-01	-2.4633E-02

表 2

表 3 给出实施例 1 中光学系统的总有效焦距 f 、各透镜的有效焦距 f_1 至 f_5 以及光学系统的物方数值孔径 NA。

参数	f (mm)	f_1 (mm)	f_2 (mm)	f_3 (mm)	f_4 (mm)	f_5 (mm)	NA
数值	1.76	3.12	1.10	-2.84	11.36	-4.44	0.18

表 3

实施例 1 中的光学系统满足:

$f_2/f=0.63$, 其中, f_2 为第二透镜 E2 的有效焦距, f 为光学系统的总有效焦距;

$(1+\tan(\text{CRA})) \times \text{TTL}/\text{IH}=2.12$, 其中, CRA 为主光线的最大入射角度, TTL 为第一透镜 E1 的近成像侧面 S1 至光学系统的像源面 S11 的轴上距离, IH 为像源直径对角线长的一半;

$\text{Tr}5r8/\text{CT}5=1.77$, 其中, $\text{Tr}5r8$ 为第三透镜 E3 的近成像侧面 S5 至第四透镜 E4 的近像源侧面 S8 的轴上距离, CT5 为第五透镜 E5 于光轴上的中心厚度;

$\text{T}23/\text{T}34=0.40$, 其中, T23 为第二透镜 E2 和第三透镜 E3 在光轴上的间隔距离, T34 为第三透镜 E3 和第四透镜 E4 在光轴上的间隔距离;

$|\text{R}4-\text{R}5|/|\text{R}4+\text{R}5|=0.04$, 其中, R4 为第二透镜 E2 的近像源侧面 S4

的曲率半径， R_5 为第三透镜 E3 的近成像侧面 S5 的曲率半径；

$R_8/f=-0.45$ ，其中， R_8 为第四透镜 E4 的近像源侧面 S8 的曲率半径， f 为光学系统的总有效焦距；

$SAG_{41}/SAG_{42}=0.62$ ，其中， SAG_{41} 为第四透镜 E4 的近成像侧面 S7 和光轴的交点至第四透镜 E4 近成像侧面 S7 的最大有效半口径顶点的轴上距离， SAG_{42} 为第四透镜 E4 的近像源侧面 S8 和光轴的交点至第四透镜 E4 近像源侧面 S8 的最大有效半口径顶点的轴上距离；

$ET_5/CT_5=0.35$ ，其中， ET_5 为第五透镜 E5 的边缘厚度， CT_5 为第五透镜 E5 于光轴上的中心厚度；

$SAG_{51}/SAG_{52}=0.37$ ，其中， SAG_{51} 为第五透镜 E5 的近成像侧面 S9 和光轴的交点至第五透镜 E5 近成像侧面 S9 的最大有效半口径顶点的轴上距离， SAG_{52} 为第五透镜 E5 的近像源侧面 S10 和光轴的交点至第五透镜 E5 近像源侧面 S10 的最大有效半口径顶点的轴上距离；

$SAG_{52}/CT_5=-1.02$ ，其中， SAG_{52} 为第五透镜 E5 的近像源侧面 S10 和光轴的交点至第五透镜 E5 近像源侧面 S10 的最大有效半口径顶点的轴上距离， CT_5 为第五透镜 E5 于光轴上的中心厚度；

$DT_{12} < DT_{22} < DT_{32} < DT_{42} < DT_{52}$ ，其中， DT_{12} 为第一透镜 E1 的近像源侧面 S2 的有效半口径， DT_{22} 为第二透镜 E2 的近像源侧面 S4 的有效半口径， DT_{32} 为第三透镜 E3 的近像源侧面 S6 的有效半口径， DT_{42} 为第四透镜 E4 的近像源侧面 S8 的有效半口径， DT_{52} 为第五透镜 E5 的近像源侧面 S10 的有效半口径。

图 2A 示出了实施例 1 的光学系统的象散曲线，其表示子午像面弯曲和弧矢像面弯曲。图 2B 示出了实施例 1 的光学系统的畸变曲线，其表示不同像源高度处的畸变大小值。图 2C 示出了实施例 1 的光学系统的相对照度曲线，其表示不同像源高度所对应的相对照度。根据图 2A 和图 2C 可知，实施例 1 所给出的光学系统能够实现良好的成像品质。

实施例 2

以下参照图 3 至图 4C 描述根据本申请实施例 2 的光学系统。在

本实施例及以下实施例中，为简洁起见，将省略部分与实施例 1 相似的描述。图 3 示出了根据本申请实施例 2 的光学系统的结构示意图。

如图 3 所示，根据本申请示例性实施方式的光学系统沿光轴由成像侧至像源侧依序包括：光阑 STO、第一透镜 E1、第二透镜 E2、第三透镜 E3、第四透镜 E4 和第五透镜 E5。

第一透镜 E1 具有正光焦度，其近成像侧面 S1 为凸面，近像源侧面 S2 为凹面；第二透镜 E2 具有正光焦度，其近成像侧面 S3 为凸面，近像源侧面 S4 为凸面；第三透镜 E3 具有负光焦度，其近成像侧面 S5 为凹面，近像源侧面 S6 为凸面；第四透镜 E4 具有负光焦度，其近成像侧面 S7 为凹面，近像源侧面 S8 为凸面；第五透镜 E5 具有负光焦度，其近成像侧面 S9 为凸面，近像源侧面 S10 为凹面。在约 800nm 至约 1000nm 光波波段中，该光学系统的光线透过率大于 85%。来自像源面 S11 的光依序穿过各表面 S10 至 S1 并最终投射至空间中的目标物体上（未示出）。

表 4 示出了实施例 2 的光学系统的各透镜的表面类型、曲率半径、厚度、材料及圆锥系数，其中，曲率半径和厚度的单位均为毫米（mm）。

面号	表面类型	曲率半径	厚度	材料		圆锥系数
				折射率	色散系数	
STO	球面	无穷	0.0753			
S1	非球面	0.9268	0.3550	1.62	23.5	-0.1621
S2	非球面	1.0358	0.1592			-6.7461
S3	非球面	2.0000	0.3445	1.62	23.5	13.1307
S4	非球面	-1.5810	0.1134			0.9254
S5	非球面	-0.7252	0.2700	1.53	55.8	-0.3637
S6	非球面	-0.8335	0.2285			-0.6917
S7	非球面	-0.7540	0.6710	1.62	23.5	-1.5661
S8	非球面	-1.0118	0.0500			-0.5703
S9	非球面	1.7020	0.5611	1.62	23.5	-54.4611
S10	非球面	1.0342	0.3259			-12.0680
S11	球面	无穷				

表 4

由表 4 可知，在实施例 2 中，第一透镜 E1 至第五透镜 E5 中任意一个透镜的近成像侧面和近像源侧面均为非球面。表 5 示出了可用于实施例 2 中各非球面镜面的高次项系数，其中，各非球面面型可由上

述实施例 1 中给出的公式 (1) 限定。

面号	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
S1	-8.8351E-02	-1.6492E+00	3.3912E+01	-3.0416E+02	1.4745E+03	-3.4328E+03	2.9852E+03
S2	2.4884E-01	-1.3435E+00	7.2369E+00	-6.7510E+01	3.5218E+02	-1.3399E+03	2.4548E+03
S3	-6.1444E-01	7.7230E-02	-2.2215E+01	-4.8409E+01	1.3155E+03	-6.2816E+03	8.7886E+03
S4	-1.3175E+00	5.7526E+01	-6.2546E+02	3.3858E+03	-1.0637E+04	1.8273E+04	-1.3065E+04
S5	-3.3017E+00	1.1491E+02	-1.0838E+03	5.5766E+03	-1.7431E+04	3.0427E+04	-2.2264E+04
S6	-4.0453E+00	4.3272E+01	-1.8201E+02	3.9006E+02	-4.3838E+02	2.4543E+02	-5.4062E+01
S7	-5.2403E+00	1.9364E+01	-2.8766E+01	2.1730E+01	-7.7524E+00	8.0032E-01	7.5983E-02
S8	-2.2526E+00	8.0189E+00	-2.0853E+01	3.5646E+01	-3.3000E+01	1.5041E+01	-2.6385E+00
S9	-8.2147E-01	1.5994E+00	-1.9286E+00	1.4433E+00	-6.3163E-01	1.4893E-01	-1.4716E-02
S10	-6.6980E-01	1.1515E+00	-1.6402E+00	1.4728E+00	-7.7462E-01	2.1671E-01	-2.4665E-02

表 5

表 6 给出实施例 2 中光学系统的总有效焦距 f、各透镜的有效焦距 f1 至 f5 以及光学系统的物方数值孔径 NA。

参数	f (mm)	f1 (mm)	f2 (mm)	f3 (mm)	f4 (mm)	f5 (mm)	NA
数值	2.01	6.32	1.48	-76.24	-1373.97	-6.26	0.16

表 6

图 4A 示出了实施例 2 的光学系统的象散曲线，其表示子午像面弯曲和弧矢像面弯曲。图 4B 示出了实施例 2 的光学系统的畸变曲线，其表示不同像源高度处的畸变大小值。图 4C 示出了实施例 2 的光学系统的相对照度曲线，其表示不同像源高度所对应的相对照度。根据图 4A 和图 4C 可知，实施例 2 所给出的光学系统能够实现良好的成像品质。

实施例 3

以下参照图 5 至图 6C 描述了根据本申请实施例 3 的光学系统。图 5 示出了根据本申请实施例 3 的光学系统的结构示意图。

如图 5 所示，根据本申请示例性实施方式的光学系统沿光轴由成像侧至像源侧依序包括：光阑 STO、第一透镜 E1、第二透镜 E2、第三透镜 E3、第四透镜 E4 和第五透镜 E5。

第一透镜 E1 具有正光焦度，其近成像侧面 S1 为凸面，近像源侧面 S2 为凹面；第二透镜 E2 具有正光焦度，其近成像侧面 S3 为凹面，

近像源侧面 S4 为凸面；第三透镜 E3 具有负光焦度，其近成像侧面 S5 为凹面，近像源侧面 S6 为凸面；第四透镜 E4 具有正光焦度，其近成像侧面 S7 为凹面，近像源侧面 S8 为凸面；第五透镜 E5 具有负光焦度，其近成像侧面 S9 为凹面，近像源侧面 S10 为凹面。在约 800nm 至约 1000nm 光波波段中，该光学系统的光线透过率大于 85%。来自像源面 S11 的光依序穿过各表面 S10 至 S1 并最终投射至空间中的目标物体上（未示出）。

表 7 示出了实施例 3 的光学系统的各透镜的表面类型、曲率半径、厚度、材料及圆锥系数，其中，曲率半径和厚度的单位均为毫米（mm）。

面号	表面类型	曲率半径	厚度	材料		圆锥系数
				折射率	色散系数	
STO	球面	无穷	-0.0521			
S1	非球面	0.7649	0.3013	1.62	23.5	0.3192
S2	非球面	1.5584	0.2373			-4.0137
S3	非球面	-0.8862	0.3499	1.62	23.5	1.5180
S4	非球面	-0.4842	0.1001			-0.8812
S5	非球面	-0.4928	0.2200	1.53	55.8	-0.6597
S6	非球面	-0.9998	0.3092			-0.3884
S7	非球面	-1.7287	0.5629	1.62	23.5	0.5031
S8	非球面	-0.8646	0.1601			-0.5623
S9	非球面	-1.5713	0.5304	1.62	23.5	-7.7820
S10	非球面	9.0592	0.1017			32.5650
S11	球面	无穷				

表 7

由表 7 可知，在实施例 3 中，第一透镜 E1 至第五透镜 E5 中任意一个透镜的近成像侧面和近像源侧面均为非球面。表 8 示出了可用于实施例 3 中各非球面镜面的高次项系数，其中，各非球面面型可由上述实施例 1 中给出的公式（1）限定。

面号	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
S1	1.5450E-01	-1.1909E+00	3.1754E+01	-2.9049E+02	1.4772E+03	-3.4104E+03	3.0018E+03
S2	4.5276E-01	-9.0672E-01	6.6948E+00	-5.3278E+01	3.6300E+02	-1.3315E+03	2.5855E+03
S3	-6.0379E-01	4.3441E+00	-5.8689E+01	-2.2293E+01	1.3345E+03	-6.2788E+03	8.7888E+03
S4	-6.1561E-01	5.6837E+01	-6.2400E+02	3.3817E+03	-1.0640E+04	1.8375E+04	-1.2754E+04
S5	-2.1471E+00	1.1198E+02	-1.0840E+03	5.5943E+03	-1.7398E+04	3.0414E+04	-2.2567E+04
S6	-4.3976E+00	4.3727E+01	-1.8137E+02	3.8952E+02	-4.3996E+02	2.4405E+02	-5.4092E+01
S7	-5.5618E+00	1.9223E+01	-2.8697E+01	2.1970E+01	-7.5878E+00	6.6180E-01	-5.1039E-01

S8	-2.3281E+00	8.0755E+00	-2.0789E+01	3.5628E+01	-3.3029E+01	1.5030E+01	-2.6404E+00
S9	-7.1178E-01	1.5927E+00	-1.9357E+00	1.4417E+00	-6.3172E-01	1.4904E-01	-1.4617E-02
S10	-6.8061E-01	1.1507E+00	-1.6393E+00	1.4731E+00	-7.7443E-01	2.1668E-01	-2.4752E-02

表 8

表 9 给出实施例 3 中光学系统的总有效焦距 f 、各透镜的有效焦距 $f1$ 至 $f5$ 以及光学系统的物方数值孔径 NA。

参数	f (mm)	$f1$ (mm)	$f2$ (mm)	$f3$ (mm)	$f4$ (mm)	$f5$ (mm)	NA
数值	1.93	2.11	1.29	-2.17	2.23	-2.12	0.17

表 9

图 6A 示出了实施例 3 的光学系统的象散曲线，其表示子午像面弯曲和弧矢像面弯曲。图 6B 示出了实施例 3 的光学系统的畸变曲线，其表示不同像源高度处的畸变大小值。图 6C 示出了实施例 3 的光学系统的相对照度曲线，其表示不同像源高度所对应的相对照度。根据图 6A 和图 6C 可知，实施例 3 所给出的光学系统能够实现良好的成像品质。

实施例 4

以下参照图 7 至图 8C 描述了根据本申请实施例 4 的光学系统。

图 7 示出了根据本申请实施例 4 的光学系统的结构示意图。

如图 7 所示，根据本申请示例性实施方式的光学系统沿光轴由成像侧至像源侧依序包括：光阑 STO、第一透镜 E1、第二透镜 E2、第三透镜 E3、第四透镜 E4 和第五透镜 E5。

第一透镜 E1 具有正光焦度，其近成像侧面 S1 为凸面，近像源侧面 S2 为凹面；第二透镜 E2 具有正光焦度，其近成像侧面 S3 为凹面，近像源侧面 S4 为凸面；第三透镜 E3 具有负光焦度，其近成像侧面 S5 为凹面，近像源侧面 S6 为凸面；第四透镜 E4 具有负光焦度，其近成像侧面 S7 为凹面，近像源侧面 S8 为凸面；第五透镜 E5 具有正光焦度，其近成像侧面 S9 为凸面，近像源侧面 S10 为凸面。在约 800nm 至约 1000nm 光波波段中，该光学系统的光线透过率大于 85%。来自像源面 S11 的光依序穿过各表面 S10 至 S1 并最终投射至空间中的目

标物体上（未示出）。

表 10 示出了实施例 4 的光学系统的各透镜的表面类型、曲率半径、厚度、材料及圆锥系数，其中，曲率半径和厚度的单位均为毫米（mm）。

面号	表面类型	曲率半径	厚度	材料		圆锥系数
				折射率	色散系数	
STO	球面	无穷	-0.0496			
S1	非球面	0.7491	0.2753	1.62	23.5	0.4534
S2	非球面	1.6207	0.2188			-4.5379
S3	非球面	-0.9875	0.5121	1.62	23.5	4.7145
S4	非球面	-0.5315	0.0703			-0.6158
S5	非球面	-0.7449	0.2200	1.53	55.8	-0.0835
S6	非球面	-1.3321	0.3096			0.8526
S7	非球面	-0.6368	0.3356	1.62	23.5	-2.2188
S8	非球面	-1.3365	0.1986			0.4737
S9	非球面	1.6972	0.7000	1.62	23.5	-99.9000
S10	非球面	-10.0000	0.0958			-99.9000
S11	球面	无穷				

表 10

由表 10 可知，在实施例 4 中，第一透镜 E1 至第五透镜 E5 中任意一个透镜的近成像侧面和近像源侧面均为非球面。表 11 示出了可用于实施例 4 中各非球面镜面的高次项系数，其中，各非球面面型可由上述实施例 1 中给出的公式（1）限定。

表 11

面号	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
S1	1.2577E-01	-6.3929E-01	2.3402E+01	-2.5220E+02	1.4751E+03	-3.4301E+03	2.9854E+03
S2	3.9633E-01	-1.3348E+00	1.7632E+01	-1.1230E+02	3.5345E+02	-1.3419E+03	2.4547E+03
S3	-3.8375E-02	-1.5780E+00	-6.1350E+00	1.7530E+01	1.3153E+03	-6.2806E+03	8.7888E+03
S4	-7.7898E-01	5.5541E+01	-6.1963E+02	3.3976E+03	-1.0619E+04	1.8350E+04	-1.3411E+04
S5	-4.0907E+00	1.1677E+02	-1.0910E+03	5.5824E+03	-1.7407E+04	3.0416E+04	-2.2274E+04
S6	-4.3854E+00	4.3057E+01	-1.8136E+02	3.8934E+02	-4.3961E+02	2.4529E+02	-5.2284E+01
S7	-5.3108E+00	1.9240E+01	-2.8723E+01	2.1741E+01	-7.8605E+00	6.8195E-01	1.5065E-01
S8	-2.7833E+00	8.7104E+00	-2.0862E+01	3.5438E+01	-3.3105E+01	1.5052E+01	-2.5608E+00
S9	-8.5221E-01	1.6200E+00	-1.9270E+00	1.4421E+00	-6.3218E-01	1.4898E-01	-1.4657E-02
S10	-4.7748E-01	1.0360E+00	-1.6262E+00	1.4802E+00	-7.7446E-01	2.1637E-01	-2.4730E-02

表 12 给出实施例 4 中光学系统的总有效焦距 f 、各透镜的有效焦距 f_1 至 f_5 以及光学系统的物方数值孔径 NA。

参数	f (mm)	f1 (mm)	f2 (mm)	f3 (mm)	f4 (mm)	f5 (mm)	NA
数值	1.90	2.00	1.30	-3.68	-2.40	2.39	0.17

表 12

图 8A 示出了实施例 4 的光学系统的象散曲线，其表示子午像面弯曲和弧矢像面弯曲。图 8B 示出了实施例 4 的光学系统的畸变曲线，其表示不同像源高度处的畸变大小值。图 8C 示出了实施例 4 的光学系统的相对照度曲线，其表示不同像源高度所对应的相对照度。根据图 8A 和图 8C 可知，实施例 4 所给出的光学系统能够实现良好的成像品质。

实施例 5

以下参照图 9 至图 10C 描述了根据本申请实施例 5 的光学系统。图 9 示出了根据本申请实施例 5 的光学系统的结构示意图。

如图 9 所示，根据本申请示例性实施方式的光学系统沿光轴由成像侧至像源侧依序包括：光阑 STO、第一透镜 E1、第二透镜 E2、第三透镜 E3、第四透镜 E4 和第五透镜 E5。

第一透镜 E1 具有正光焦度，其近成像侧面 S1 为凸面，近像源侧面 S2 为凹面；第二透镜 E2 具有正光焦度，其近成像侧面 S3 为凸面，近像源侧面 S4 为凸面；第三透镜 E3 具有负光焦度，其近成像侧面 S5 为凹面，近像源侧面 S6 为凸面；第四透镜 E4 具有正光焦度，其近成像侧面 S7 为凹面，近像源侧面 S8 为凸面；第五透镜 E5 具有负光焦度，其近成像侧面 S9 为凹面，近像源侧面 S10 为凹面。在约 800nm 至约 1000nm 光波波段中，该光学系统的光线透过率大于 85%。来自像源面 S11 的光依序穿过各表面 S10 至 S1 并最终投射至空间中的目标物体上（未示出）。

表 13 示出了实施例 5 的光学系统的各透镜的表面类型、曲率半径、厚度、材料及圆锥系数，其中，曲率半径和厚度的单位均为毫米（mm）。

面号	表面类型	曲率半径	厚度	材料		圆锥系数
				折射率	色散系数	
STO	球面	无穷	0.0943			
S1	非球面	0.9753	0.4519	1.62	23.5	0.0423

S2	非球面	1.3828	0.1823			-7.1033
S3	非球面	4.2952	0.3000	1.62	23.5	36.9006
S4	非球面	-1.4466	0.1420			1.8803
S5	非球面	-0.5603	0.2327	1.53	55.8	-0.7685
S6	非球面	-0.6686	0.2529			-1.1274
S7	非球面	-1.2223	0.6556	1.62	23.5	0.0827
S8	非球面	-0.7235	0.0500			-0.6166
S9	非球面	-2.0000	0.5188	1.62	23.5	-22.9772
S10	非球面	3.4589	0.2030			-4.7672
S11	球面	无穷				

表 13

由表 13 可知，在实施例 5 中，第一透镜 E1 至第五透镜 E5 中任意一个透镜的近成像侧面和近像源侧面均为非球面。表 14 示出了可用于实施例 5 中各非球面镜面的高次项系数，其中，各非球面面型可由上述实施例 1 中给出的公式（1）限定。

面号	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
S1	-7.9095E-02	-7.9257E-01	2.7958E+01	-2.9281E+02	1.4386E+03	-3.3809E+03	3.0874E+03
S2	6.7312E-02	-1.6523E+00	1.1232E+01	-7.6056E+01	3.5904E+02	-1.4135E+03	2.1145E+03
S3	-4.2363E-01	-8.3369E-01	-2.3858E+01	-5.1200E+01	1.3396E+03	-6.1546E+03	9.1490E+03
S4	-1.2298E+00	5.7261E+01	-6.2525E+02	3.3809E+03	-1.0650E+04	1.8276E+04	-1.2844E+04
S5	-3.0085E+00	1.1570E+02	-1.0863E+03	5.5739E+03	-1.7433E+04	3.0426E+04	-2.2222E+04
S6	-3.8979E+00	4.3139E+01	-1.8165E+02	3.9020E+02	-4.3893E+02	2.4387E+02	-5.6190E+01
S7	-5.6525E+00	1.9444E+01	-2.8566E+01	2.2214E+01	-7.2931E+00	6.8834E-01	-2.5454E+00
S8	-2.0259E+00	7.8858E+00	-2.0795E+01	3.5692E+01	-3.2980E+01	1.5043E+01	-2.6561E+00
S9	-7.6132E-01	1.6002E+00	-1.9315E+00	1.4421E+00	-6.3184E-01	1.4891E-01	-1.4647E-02
S10	-7.0028E-01	1.1526E+00	-1.6386E+00	1.4724E+00	-7.7437E-01	2.1669E-01	-2.4691E-02

表 14

表 15 给出实施例 5 中光学系统的总有效焦距 f、各透镜的有效焦距 f1 至 f5 以及光学系统的物方数值孔径 NA。

参数	f (mm)	f1 (mm)	f2 (mm)	f3 (mm)	f4 (mm)	f5 (mm)	NA
数值	1.98	3.75	1.78	-25.41	1.90	-1.97	0.16

表 15

图 10A 示出了实施例 5 的光学系统的象散曲线，其表示子午像面弯曲和弧矢像面弯曲。图 10B 示出了实施例 5 的光学系统的畸变曲线，其表示不同像源高度处的畸变大小值。图 10C 示出了实施例 5 的光学系统的相对照度曲线，其表示不同像源高度所对应的相对照度。根据

图 10A 和图 10C 可知, 实施例 5 所给出的光学系统能够实现良好的成像品质。

实施例 6

5 以下参照图 11 至图 12C 描述了根据本申请实施例 6 的光学系统。
图 11 示出了根据本申请实施例 6 的光学系统的结构示意图。

如图 11 所示, 根据本申请示例性实施方式的光学系统沿光轴由成像侧至像源侧依序包括: 光阑 STO、第一透镜 E1、第二透镜 E2、第三透镜 E3、第四透镜 E4 和第五透镜 E5。

10 第一透镜 E1 具有正光焦度, 其近成像侧面 S1 为凸面, 近像源侧面 S2 为凹面; 第二透镜 E2 具有正光焦度, 其近成像侧面 S3 为凸面, 近像源侧面 S4 为凸面; 第三透镜 E3 具有负光焦度, 其近成像侧面 S5 为凹面, 近像源侧面 S6 为凸面; 第四透镜 E4 具有正光焦度, 其近成像侧面 S7 为凹面, 近像源侧面 S8 为凸面; 第五透镜 E5 具有负光焦度,
15 其近成像侧面 S9 为凹面, 近像源侧面 S10 为凸面。在约 800nm 至约 1000nm 光波波段中, 该光学系统的光线透过率大于 85%。来自像源面 S11 的光依序穿过各表面 S10 至 S1 并最终投射至空间中的目标物体上 (未示出)。

表 16 示出了实施例 6 的光学系统的各透镜的表面类型、曲率半径、
20 厚度、材料及圆锥系数, 其中, 曲率半径和厚度的单位均为毫米 (mm)。

面号	表面类型	曲率半径	厚度	材料		圆锥系数
				折射率	色散系数	
STO	球面	无穷	0.1106			
S1	非球面	0.9268	0.3704	1.62	23.5	-0.0365
S2	非球面	1.2902	0.2129			-6.1292
S3	非球面	4.2952	0.3000	1.62	23.5	48.1062
S4	非球面	-1.2016	0.1441			-1.1430
S5	非球面	-0.4168	0.2311	1.53	55.8	-1.3216
S6	非球面	-0.6582	0.2396			-0.8014
S7	非球面	-2.5574	0.6519	1.62	23.5	3.9621
S8	非球面	-0.8732	0.1901			-0.3937
S9	非球面	-1.3523	0.5069	1.62	23.5	-6.1271
S10	非球面	-10.0000	0.1991			-99.9000
S11	球面	无穷				

表 16

由表 16 可知，在实施例 6 中，第一透镜 E1 至第五透镜 E5 中任意一个透镜的近成像侧面和近像源侧面均为非球面。表 17 示出了可用于实施例 6 中各非球面镜面的高次项系数，其中，各非球面面型可由上述实施例 1 中给出的公式 (1) 限定。

面号	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
S1	-1.2505E-01	-3.4315E-01	2.8324E+01	-3.0121E+02	1.4235E+03	-3.1363E+03	2.5738E+03
S2	5.5156E-02	-1.5158E+00	1.2922E+01	-7.2277E+01	3.5429E+02	-1.5147E+03	2.5382E+03
S3	-9.8428E-02	-3.1893E+00	-1.8758E+01	-3.9951E+01	1.3186E+03	-6.2798E+03	9.5542E+03
S4	-6.9913E-01	5.7111E+01	-6.2645E+02	3.3743E+03	-1.0658E+04	1.8275E+04	-1.2785E+04
S5	-2.4824E+00	1.1459E+02	-1.0859E+03	5.5768E+03	-1.7444E+04	3.0391E+04	-2.2116E+04
S6	-4.1654E+00	4.4080E+01	-1.8078E+02	3.8954E+02	-4.4142E+02	2.4166E+02	-4.9662E+01
S7	-5.7951E+00	1.8850E+01	-2.8883E+01	2.3094E+01	-5.6934E+00	1.2713E+00	-5.7797E+00
S8	-2.0351E+00	7.6721E+00	-2.0682E+01	3.5721E+01	-3.3005E+01	1.5038E+01	-2.6464E+00
S9	-7.0727E-01	1.5936E+00	-1.9334E+00	1.4419E+00	-6.3190E-01	1.4895E-01	-1.4567E-02
S10	-5.3295E-01	1.0764E+00	-1.6362E+00	1.4766E+00	-7.7336E-01	2.1674E-01	-2.4804E-02

表 17

表 18 给出实施例 6 中光学系统的总有效焦距 f 、各透镜的有效焦距 $f1$ 至 $f5$ 以及光学系统的物方数值孔径 NA。

参数	f (mm)	$f1$ (mm)	$f2$ (mm)	$f3$ (mm)	$f4$ (mm)	$f5$ (mm)	NA
数值	2.02	3.82	1.55	-3.22	1.86	-2.58	0.16

表 18

图 12A 示出了实施例 6 的光学系统的象散曲线，其表示子午像面弯曲和弧矢像面弯曲。图 12B 示出了实施例 6 的光学系统的畸变曲线，其表示不同像源高度处的畸变大小值。图 12C 示出了实施例 6 的光学系统的相对照度曲线，其表示不同像源高度所对应的相对照度。根据图 12A 和图 12C 可知，实施例 6 所给出的光学系统能够实现良好的成像品质。

实施例 7

以下参照图 13 至图 14C 描述了根据本申请实施例 7 的光学系统。图 13 示出了根据本申请实施例 7 的光学系统的结构示意图。

如图 13 所示，根据本申请示例性实施方式的光学系统沿光轴由成

像侧至像源侧依序包括：光阑 STO、第一透镜 E1、第二透镜 E2、第三透镜 E3、第四透镜 E4 和第五透镜 E5。

第一透镜 E1 具有正光焦度，其近成像侧面 S1 为凸面，近像源侧面 S2 为凹面；第二透镜 E2 具有正光焦度，其近成像侧面 S3 为凹面，近像源侧面 S4 为凸面；第三透镜 E3 具有负光焦度，其近成像侧面 S5 为凹面，近像源侧面 S6 为凸面；第四透镜 E4 具有正光焦度，其近成像侧面 S7 为凹面，近像源侧面 S8 为凸面；第五透镜 E5 具有正光焦度，其近成像侧面 S9 为凹面，近像源侧面 S10 为凸面。在约 800nm 至约 1000nm 光波波段中，该光学系统的光线透过率大于 85%。来自像源面 S11 的光依序穿过各表面 S10 至 S1 并最终投射至空间中的目标物体上（未示出）。

表 19 示出了实施例 7 的光学系统的各透镜的表面类型、曲率半径、厚度、材料及圆锥系数，其中，曲率半径和厚度的单位均为毫米（mm）。

面号	表面类型	曲率半径	厚度	材料		圆锥系数
				折射率	色散系数	
STO	球面	无穷	-0.0501			
S1	非球面	0.7458	0.2952	1.62	23.5	0.2801
S2	非球面	1.4460	0.2450			-3.2827
S3	非球面	-0.9587	0.3488	1.62	23.5	3.6173
S4	非球面	-0.4967	0.1038			-0.8921
S5	非球面	-0.4308	0.2200	1.53	55.8	-0.7065
S6	非球面	-0.8939	0.2725			-0.6291
S7	非球面	-2.2447	0.5857	1.62	23.5	2.0771
S8	非球面	-0.9135	0.2386			-0.5820
S9	非球面	-0.9681	0.5447	1.62	23.5	-5.0853
S10	非球面	-0.5809	0.1021			-99.9000
S11	球面	无穷				

表 19

由表 19 可知，在实施例 7 中，第一透镜 E1 至第五透镜 E5 中任意一个透镜的近成像侧面和近像源侧面均为非球面。表 20 示出了可用于实施例 7 中各非球面镜面的高次项系数，其中，各非球面面型可由上述实施例 1 中给出的公式（1）限定。

面号	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
S1	1.5885E-01	-1.1095E+00	2.9188E+01	-2.5757E+02	1.3402E+03	-3.4104E+03	3.0018E+03

S2	4.5647E-01	-9.1291E-01	7.1021E+00	-2.6044E+01	1.7700E+02	-1.3315E+03	2.5855E+03
S3	-3.4479E-01	5.4693E+00	-5.5412E+01	6.0501E+00	1.4744E+03	-6.2788E+03	8.7888E+03
S4	-5.9523E-01	5.6404E+01	-6.1852E+02	3.3757E+03	-1.0664E+04	1.8360E+04	-1.2510E+04
S5	-1.6232E+00	1.1100E+02	-1.0862E+03	5.6049E+03	-1.7373E+04	3.0424E+04	-2.2728E+04
S6	-4.4440E+00	4.3718E+01	-1.8059E+02	3.8959E+02	-4.4055E+02	2.4351E+02	-5.5087E+01
S7	-5.6405E+00	1.9259E+01	-2.8701E+01	2.2040E+01	-7.5889E+00	6.4142E-01	-4.1747E-01
S8	-2.2438E+00	7.8190E+00	-2.0722E+01	3.5707E+01	-3.2999E+01	1.5028E+01	-2.6723E+00
S9	-6.8580E-01	1.5900E+00	-1.9354E+00	1.4418E+00	-6.3175E-01	1.4910E-01	-1.4605E-02
S10	-5.8668E-01	1.1189E+00	-1.6428E+00	1.4748E+00	-7.7379E-01	2.1689E-01	-2.4721E-02

表 20

表 21 给出实施例 7 中光学系统的总有效焦距 f 、各透镜的有效焦距 $f1$ 至 $f5$ 以及光学系统的物方数值孔径 NA。

参数	f (mm)	$f1$ (mm)	$f2$ (mm)	$f3$ (mm)	$f4$ (mm)	$f5$ (mm)	NA
数值	1.90	2.14	1.29	-1.89	2.13	1.52	0.17

表 21

图 14A 示出了实施例 7 的光学系统的象散曲线，其表示子午像面弯曲和弧矢像面弯曲。图 14B 示出了实施例 7 的光学系统的畸变曲线，其表示不同像源高度处的畸变大小值。图 14C 示出了实施例 7 的光学系统的相对照度曲线，其表示不同像源高度所对应的相对照度。根据图 14A 和图 14C 可知，实施例 7 所给出的光学系统能够实现良好的成像品质。

综上，实施例 1 至实施例 7 分别满足表 22 中所示的关系。

条件式\实施例	1	2	3	4	5	6	7
$f2/f$	0.63	0.74	0.67	0.68	0.90	0.77	0.68
$(1+\tan(CRA)) \times TTL/IH$	2.12	2.27	2.12	2.16	2.20	2.28	2.20
NA	0.18	0.16	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17
Tr5r8/CT5	1.77	2.08	2.06	1.24	2.20	2.21	1.98
T23/T34	0.40	0.50	0.32	0.23	0.56	0.60	0.38
$ R4-R5 / R4+R5 $	0.04	0.37	0.01	0.17	0.44	0.48	0.07
$R8/f$	-0.45	-0.50	-0.45	-0.70	-0.37	-0.43	-0.48
SAG41/SAG42	0.62	0.46	0.55	0.79	0.59	0.55	0.54
ET5/CT5	0.35	0.38	0.38	0.38	0.39	0.40	0.42
SAG51/SAG52	0.37	0.27	0.54	0.24	0.52	0.54	0.58
SAG52/CT5	-1.02	-0.85	-1.35	-0.82	-1.28	-1.32	-1.36

表 22

以上描述仅为本申请的较佳实施例以及对所运用技术原理的说明。本领域技术人员应当理解，本申请中所涉及的发明范围，并不限于上述技术特征的特定组合而成的技术方案，同时也应涵盖在不脱离
5 所述发明构思的情况下，由上述技术特征或其等同特征进行任意组合而形成的其它技术方案。例如上述特征与本申请中公开的（但不限于）具有类似功能的技术特征进行互相替换而形成的技术方案。

权利要求

1. 光学系统，沿光轴由成像侧至像源侧依序包括：第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜和第五透镜，其特征在于，

5 所述第一透镜具有正光焦度，其近像源侧面为凹面；

所述第二透镜具有正光焦度，其近像源侧面为凸面；

所述第三透镜具有负光焦度，其近像源侧面为凸面；

所述第四透镜具有光焦度，其近成像侧面为凹面；

所述第五透镜具有光焦度；

10 所述第二透镜的有效焦距 f_2 与所述光学系统的总有效焦距 f 满足 $0 < f_2/f < 1$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的光学系统，其特征在于，所述第三透镜的近成像侧面至所述第四透镜的近像源侧面在所述光轴上的间隔距离

15 Tr_{5r8} 与所述第五透镜于所述光轴上的中心厚度 CT_5 满足 $1.2 < Tr_{5r8}/CT_5 < 2.3$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的光学系统，其特征在于，所述第二透镜和所述第三透镜在所述光轴上的间隔距离 T_{23} 与所述第三透镜和所述

20 第四透镜在所述光轴上的间隔距离 T_{34} 满足 $0.2 < T_{23}/T_{34} < 0.7$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的光学系统，其特征在于，所述第二透镜的近像源侧面的曲率半径 R_4 与所述第三透镜的近成像侧面的曲率半径 R_5 满足 $|R_4 - R_5|/|R_4 + R_5| < 0.5$ 。

25

5. 根据权利要求 1 所述的光学系统，其特征在于，所述第四透镜的近像源侧面的曲率半径 R_8 与所述光学系统的总有效焦距 f 满足 $-1 < R_8/f < 0$ 。

30 6. 根据权利要求 1 所述的光学系统，其特征在于，所述第四透镜

的近成像侧面和所述光轴的交点至所述第四透镜近成像侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG41 与所述第四透镜的近像源侧面和所述光轴的交点至所述第四透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG42 满足 $0.45 < \text{SAG41}/\text{SAG42} < 1$ 。

5

7. 根据权利要求 1 所述的光学系统，其特征在于，所述第五透镜的近成像侧面和所述光轴的交点至所述第五透镜近成像侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG51 与所述第五透镜的近像源侧面和所述光轴的交点至所述第五透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG52 满足 $0 < \text{SAG51}/\text{SAG52} < 0.6$ 。

10

8. 根据权利要求 7 所述的光学系统，其特征在于，所述第五透镜的近像源侧面和所述光轴的交点至所述第五透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG52 与所述第五透镜于所述光轴上的中心厚度 CT5 满足 $-1.5 < \text{SAG52}/\text{CT5} < -0.8$ 。

15

9. 根据权利要求 8 所述的光学系统，其特征在于，所述第五透镜的边缘厚度 ET5 与所述第五透镜于所述光轴上的中心厚度 CT5 满足 $0 < \text{ET5}/\text{CT5} < 0.5$ 。

20

10. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的光学系统，其特征在于，所述光学系统的主光线最大入射角度 CRA、所述第一透镜的近成像侧面至所述光学系统的像源面在所述光轴上的间隔距离 TTL 与所述像源直径对角线长的一半 IH 满足 $2 < (1 + \tan(\text{CRA})) \times \text{TTL}/\text{IH} < 2.5$ 。

25

11. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的光学系统，其特征在于，所述光学系统的物方数值孔径 NA 满足 $\text{NA} < 0.19$ 。

12. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的光学系统，其特征在于，在 800nm 至 1000nm 的光波波段中，所述光学系统的光线透过率大于

30

85%。

13. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的光学系统，其特征在于，
所述第一透镜的近像源侧面的有效半口径 DT12、所述第二透镜的近像
源侧面的有效半口径 DT22、所述第三透镜的近像源侧面的有效半口径
DT32、所述第四透镜的近像源侧面的有效半口径 DT42 以及所述第五
透镜的近像源侧面的有效半口径 DT52 满足 $DT12 < DT22 < DT32 <$
 $DT42 < DT52$ 。

14. 光学系统，沿光轴由成像侧至像源侧依序包括：第一透镜、
第二透镜、第三透镜、第四透镜和第五透镜，其特征在于，
所述第一透镜具有正光焦度，其近像源侧面为凹面；
所述第二透镜具有正光焦度，其近像源侧面为凸面；
所述第三透镜具有负光焦度，其近像源侧面为凸面；
所述第四透镜具有光焦度，其近成像侧面为凹面；
所述第五透镜具有光焦度；
所述第五透镜的边缘厚度 ET5 与所述第五透镜于所述光轴上的中
心厚度 CT5 满足 $0 < ET5/CT5 < 0.5$ 。

15. 根据权利要求 14 所述的光学系统，其特征在于，所述第三透
镜的近成像侧面至所述第四透镜的近像源侧面在所述光轴上的间隔距
离 Tr5r8 与所述第五透镜于所述光轴上的中心厚度 CT5 满足 $1.2 <$
 $Tr5r8/CT5 < 2.3$ 。

16. 根据权利要求 14 所述的光学系统，其特征在于，所述第五透
镜的近像源侧面和所述光轴的交点至所述第五透镜近像源侧面的最大
有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG52 与所述第五透镜于所述光
轴上的中心厚度 CT5 满足 $-1.5 < SAG52/CT5 < -0.8$ 。

17. 根据权利要求 14 所述的光学系统，其特征在于，所述第四透

镜的近成像侧面和所述光轴的交点至所述第四透镜近成像侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG41 与所述第四透镜的近像源侧面和所述光轴的交点至所述第四透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG42 满足 $0.45 < \text{SAG41}/\text{SAG42} < 1$ 。

5

18. 根据权利要求 14 或 17 所述的光学系统，其特征在于，所述第五透镜的近成像侧面和所述光轴的交点至所述第五透镜近成像侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG51 与所述第五透镜的近像源侧面和所述光轴的交点至所述第五透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG52 满足 $0 < \text{SAG51}/\text{SAG52} < 0.6$ 。

10

19. 根据权利要求 14 所述的光学系统，其特征在于，所述第二透镜的近像源侧面的曲率半径 R4 与所述第三透镜的近成像侧面的曲率半径 R5 满足 $|R4-R5|/|R4+R5| < 0.5$ 。

15

20. 根据权利要求 14 所述的光学系统，其特征在于，所述第四透镜的近像源侧面的曲率半径 R8 与所述光学系统的总有效焦距 f 满足 $-1 < R8/f < 0$ 。

20

21. 根据权利要求 19 或 20 所述的光学系统，其特征在于，所述第二透镜和所述第三透镜在所述光轴上的间隔距离 T23 与所述第三透镜和所述第四透镜在所述光轴上的间隔距离 T34 满足 $0.2 < T23/T34 < 0.7$ 。

25

22. 根据权利要求 14 所述的光学系统，其特征在于，所述第二透镜的有效焦距 f2 与所述光学系统的总有效焦距 f 满足 $0 < f2/f < 1$ 。

23. 根据权利要求 14 所述的光学系统，其特征在于，所述第一透镜的近像源侧面的有效半口径 DT12、所述第二透镜的近像源侧面的有效半口径 DT22、所述第三透镜的近像源侧面的有效半口径 DT32、所

30

述第四透镜的近像源侧面的有效半口径 DT42 以及所述第五透镜的近像源侧面的有效半口径 DT52 满足 $DT12 < DT22 < DT32 < DT42 < DT52$ 。

5 24. 根据权利要求 23 所述的光学系统，其特征在于，在 800nm 至 1000nm 的光波波段中，所述光学系统的光线透过率大于 85%。

25. 根据权利要求 23 所述的光学系统，其特征在于，所述光学系统的物方数值孔径 NA 满足 $NA < 0.19$ 。

10

26. 根据权利要求 23 所述的光学系统，其特征在于，所述光学系统的主光线最大入射角度 CRA、所述第一透镜的近成像侧面至所述光学系统的像源面在所述光轴上的间隔距离 TTL 与所述像源直径对角线长的一半 IH 满足 $2 < (1 + \tan(CRA)) \times TTL/IH < 2.5$ 。

15

27. 光学系统，沿光轴由成像侧至像源侧依序包括：第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜和第五透镜，其特征在于，

所述第一透镜具有正光焦度，其近像源侧面为凹面；

所述第二透镜具有正光焦度，其近像源侧面为凸面；

20 所述第三透镜具有负光焦度，其近像源侧面为凸面；

所述第四透镜具有光焦度，其近成像侧面为凹面；

所述第五透镜具有光焦度；

所述第五透镜的近像源侧面和所述光轴的交点至所述第五透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 SAG52 与所述第
25 五透镜于所述光轴上的中心厚度 CT5 满足 $-1.5 < SAG52/CT5 < -0.8$ 。

28. 根据权利要求 27 所述的光学系统，其特征在于，所述第三透镜的近成像侧面至所述第四透镜的近像源侧面在所述光轴上的间隔距离 Tr5r8 与所述第五透镜于所述光轴上的中心厚度 CT5 满足 $1.2 < Tr5r8/CT5 < 2.3$ 。

30

29. 根据权利要求 28 所述的光学系统，其特征在于，所述第四透镜的近像源侧面的曲率半径 $R8$ 与所述光学系统的总有效焦距 f 满足 $-1 < R8/f < 0$ 。

5

30. 根据权利要求 28 所述的光学系统，其特征在于，所述第二透镜和所述第三透镜在所述光轴上的间隔距离 $T23$ 与所述第三透镜和所述第四透镜在所述光轴上的间隔距离 $T34$ 满足 $0.2 < T23/T34 < 0.7$ 。

10

31. 根据权利要求 30 所述的光学系统，其特征在于，所述第二透镜的近像源侧面的曲率半径 $R4$ 与所述第三透镜的近成像侧面的曲率半径 $R5$ 满足 $|R4-R5|/|R4+R5| < 0.5$ 。

15

32. 根据权利要求 31 所述的光学系统，其特征在于，所述第二透镜的有效焦距 $f2$ 与所述光学系统的总有效焦距 f 满足 $0 < f2/f < 1$ 。

20

33. 根据权利要求 27 所述的光学系统，其特征在于，所述第五透镜的近成像侧面和所述光轴的交点至所述第五透镜近成像侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 $SAG51$ 与所述第五透镜的近像源侧面和所述光轴的交点至所述第五透镜近像源侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 $SAG52$ 满足 $0 < SAG51/SAG52 < 0.6$ 。

25

34. 根据权利要求 33 所述的光学系统，其特征在于，所述第五透镜的边缘厚度 $ET5$ 与所述第五透镜于所述光轴上的中心厚度 $CT5$ 满足 $0 < ET5/CT5 < 0.5$ 。

30

35. 根据权利要求 27 所述的光学系统，其特征在于，所述第四透镜的近成像侧面和所述光轴的交点至所述第四透镜近成像侧面的最大有效半口径顶点在所述光轴上距离 $SAG41$ 与所述第四透镜的近像源侧面和所述光轴的交点至所述第四透镜近像源侧面的最大有效半口径

顶点在所述光轴上距离 SAG42 满足 $0.45 < \text{SAG41}/\text{SAG42} < 1$ 。

36. 根据权利要求 27 至 35 中任一项所述的光学系统，其特征在于，所述第一透镜的近像源侧面的有效半口径 DT12、所述第二透镜的近像源侧面的有效半口径 DT22、所述第三透镜的近像源侧面的有效半口径 DT32、所述第四透镜的近像源侧面的有效半口径 DT42 以及所述第五透镜的近像源侧面的有效半口径 DT52 满足 $\text{DT12} < \text{DT22} < \text{DT32} < \text{DT42} < \text{DT52}$ 。

37. 根据权利要求 36 所述的光学系统，其特征在于，所述光学系统的主光线最大入射角度 CRA、所述第一透镜的近成像侧面至所述光学系统的像源面在所述光轴上的间隔距离 TTL 与所述像源直径对角线长的一半 IH 满足 $2 < (1 + \tan(\text{CRA})) \times \text{TTL}/\text{IH} < 2.5$ 。

38. 根据权利要求 36 所述的光学系统，其特征在于，所述光学系统的物方数值孔径 NA 满足 $\text{NA} < 0.19$ 。

39. 根据权利要求 36 所述的光学系统，其特征在于，在 800nm 至 1000nm 的光波波段中，所述光学系统的光线透过率大于 85%。

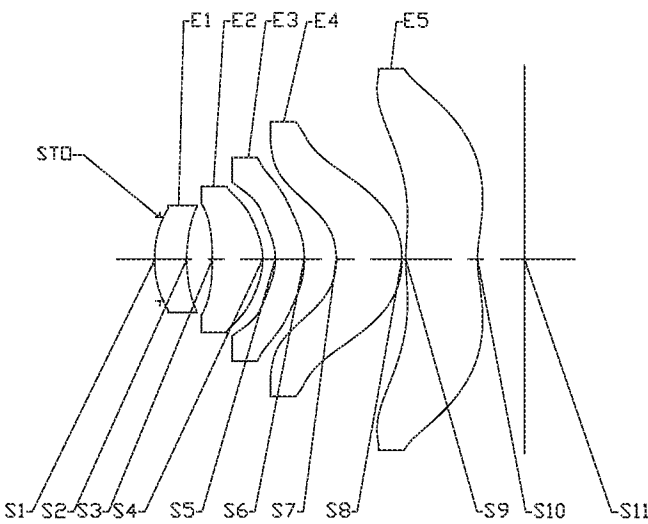


图 1

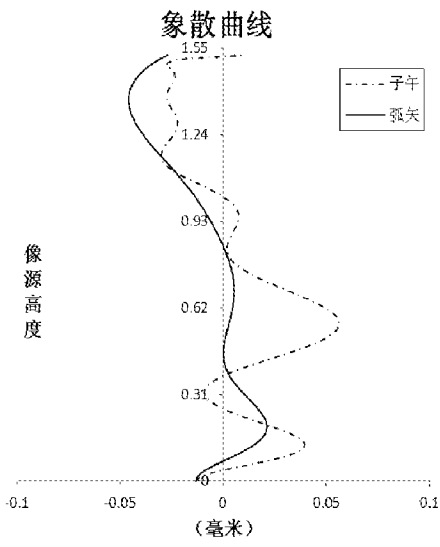


图 2A

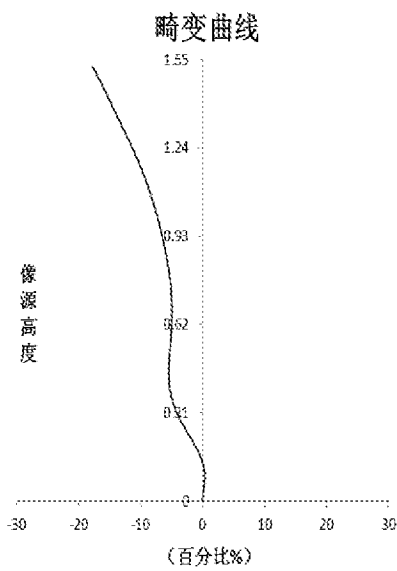


图 2B

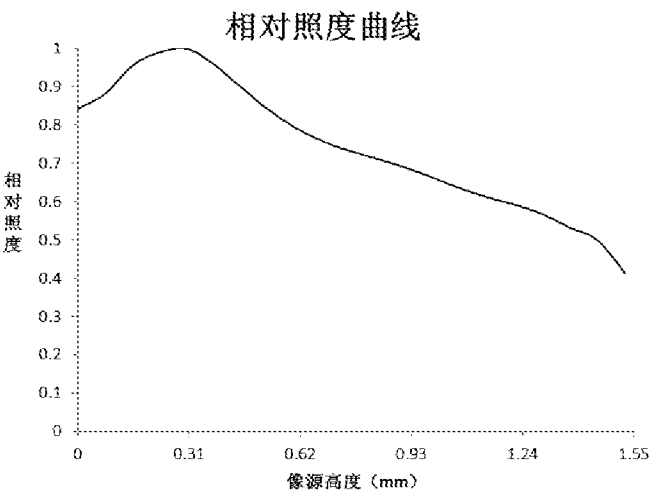


图 2C

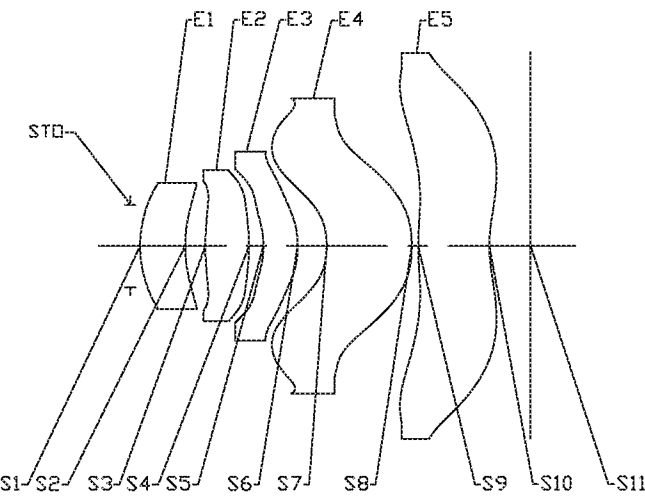


图 3

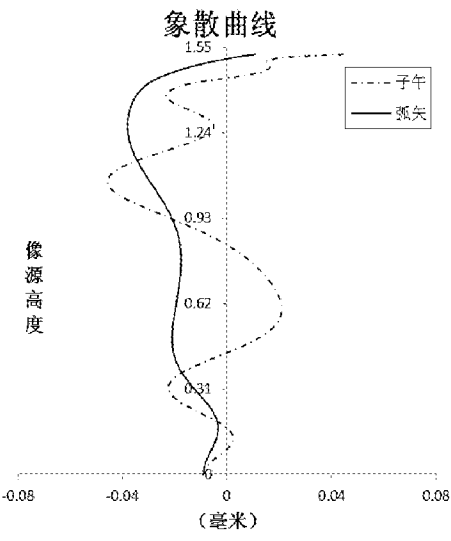


图 4A

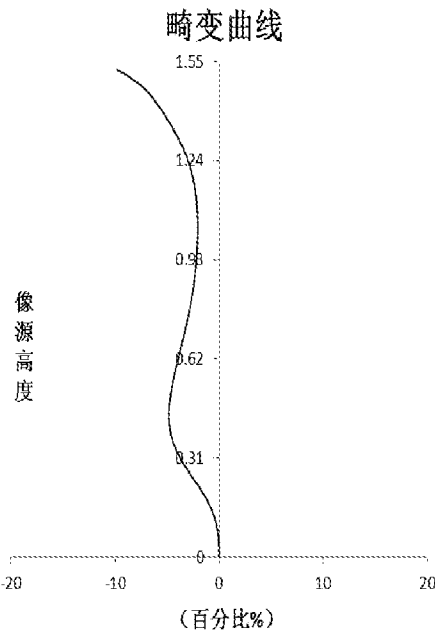


图 4B

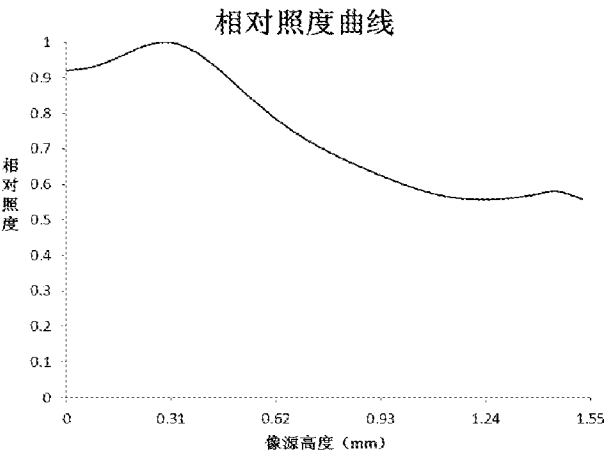


图 4C

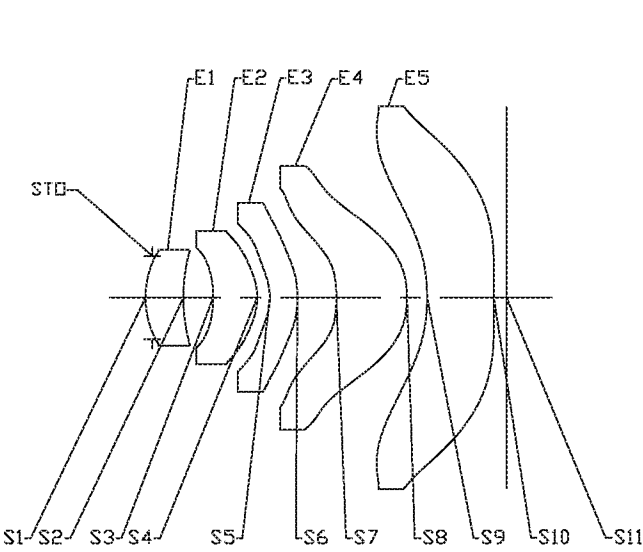


图 5

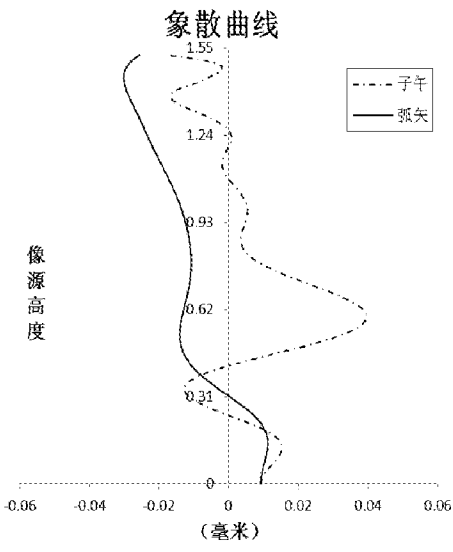


图 6A

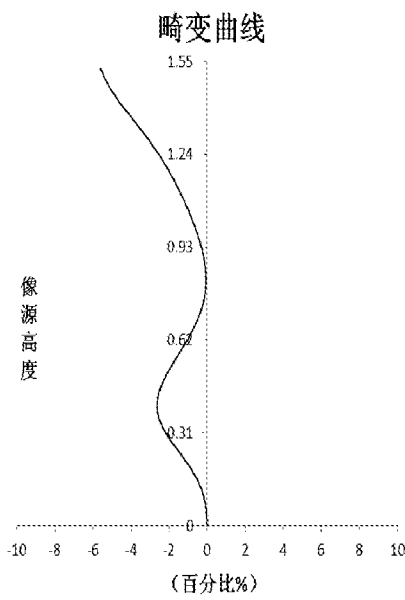


图 6B

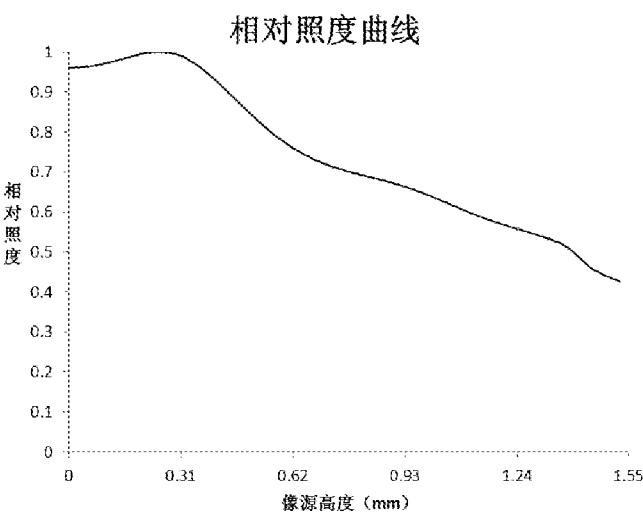


图 6C

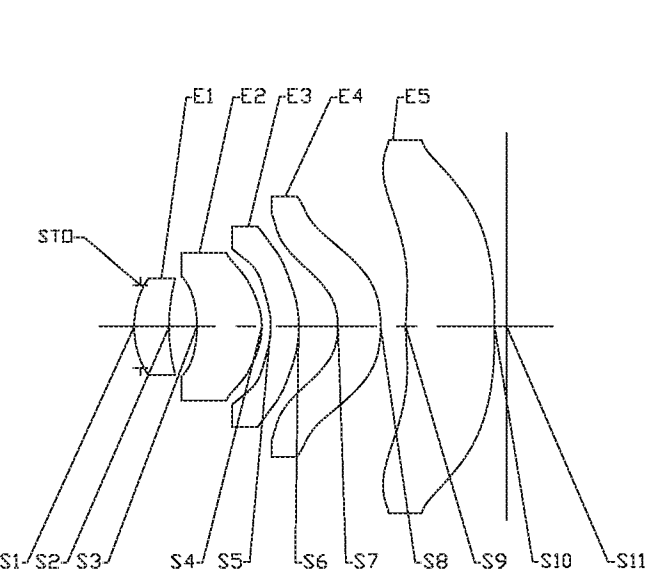


图 7

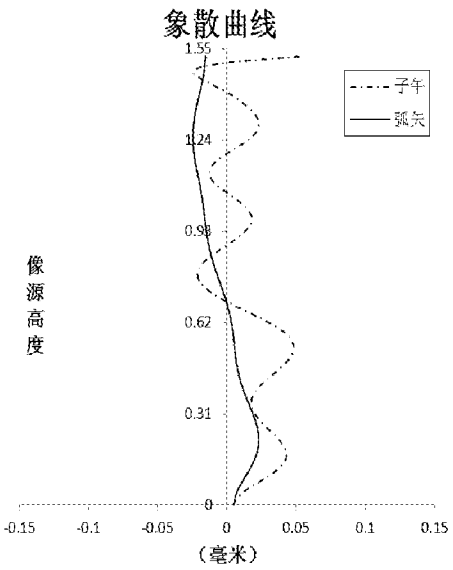


图 8A

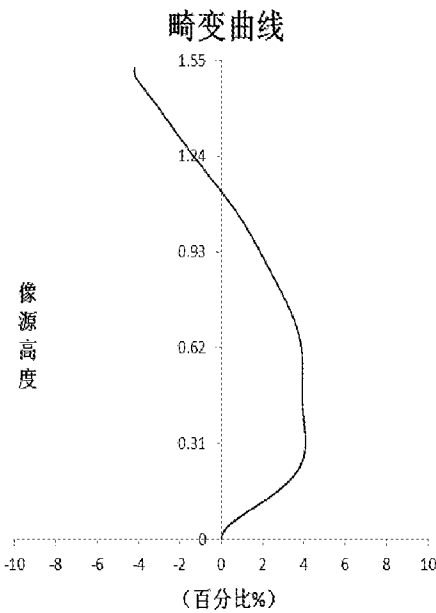


图 8B

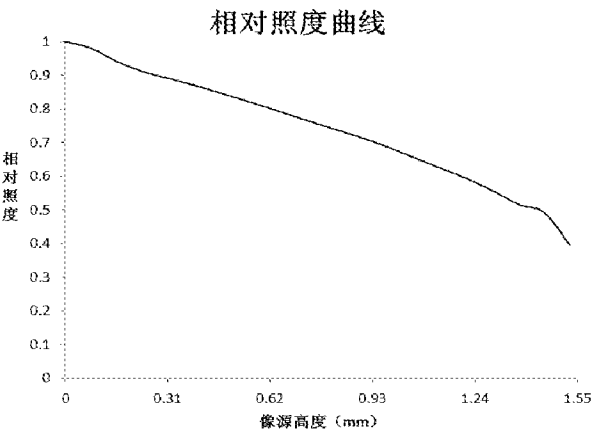


图 8C

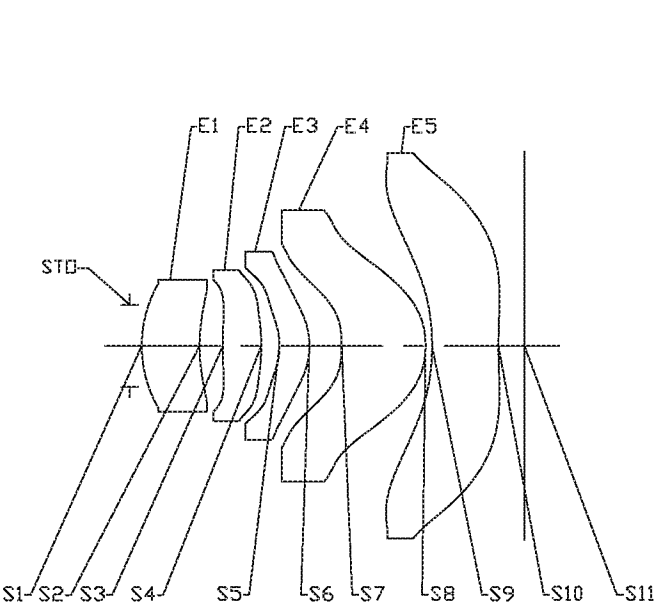


图 9

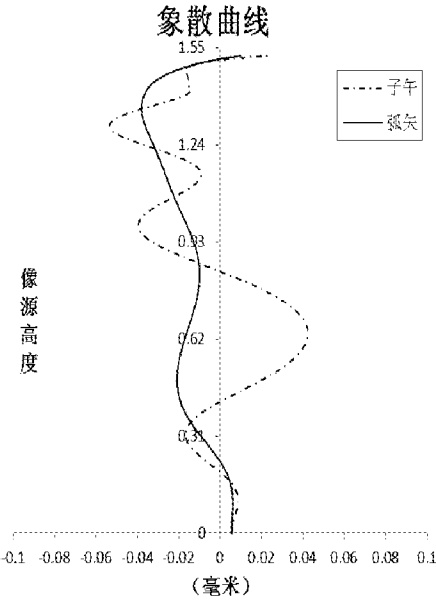


图 10A

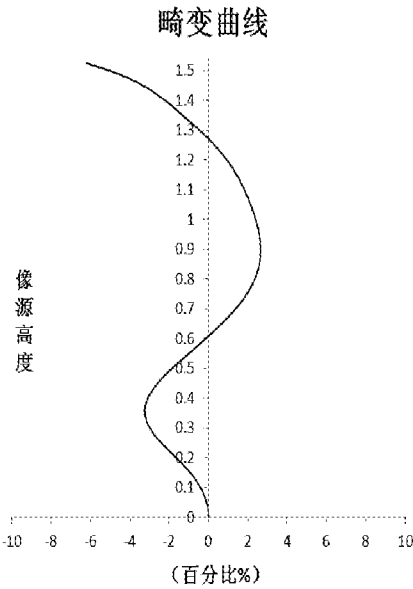


图 10B

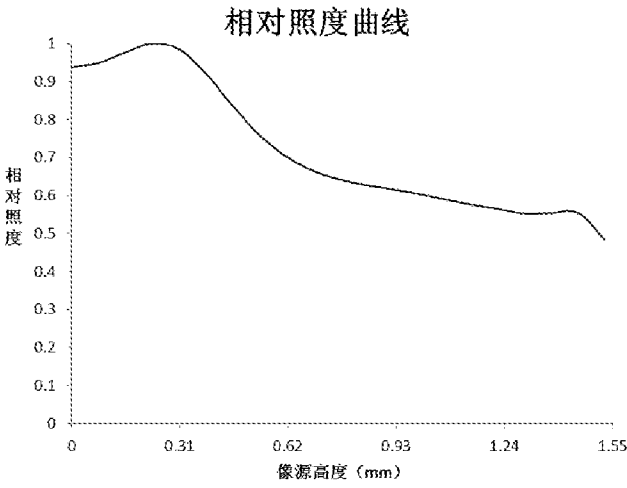


图 10C

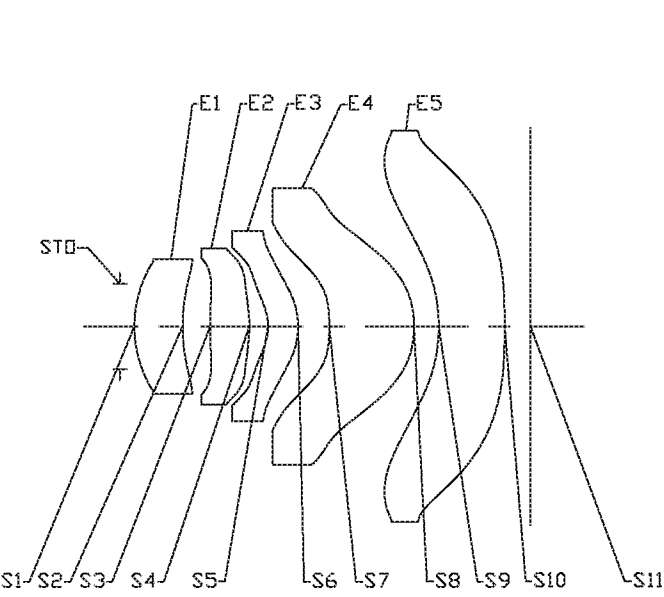


图 11

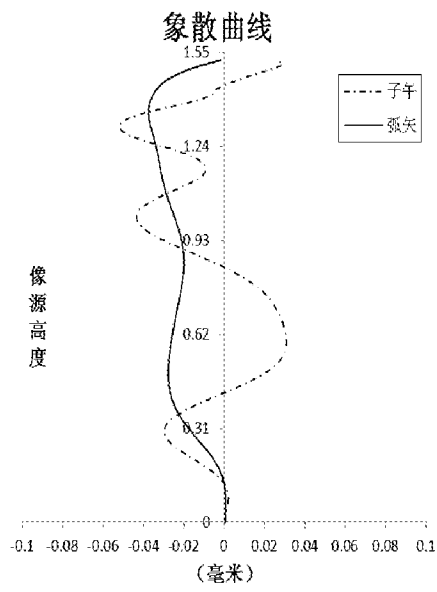


图 12A

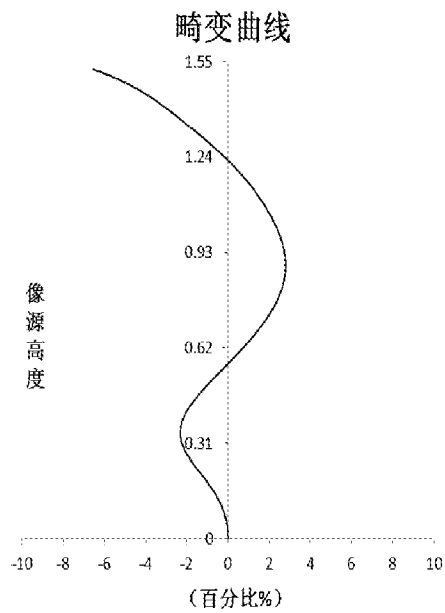


图 12B

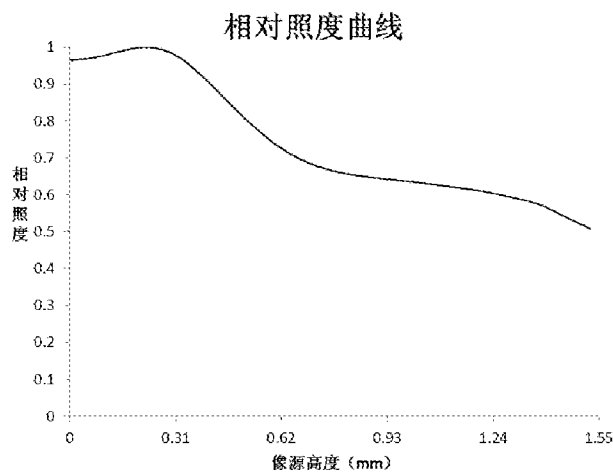


图 12C

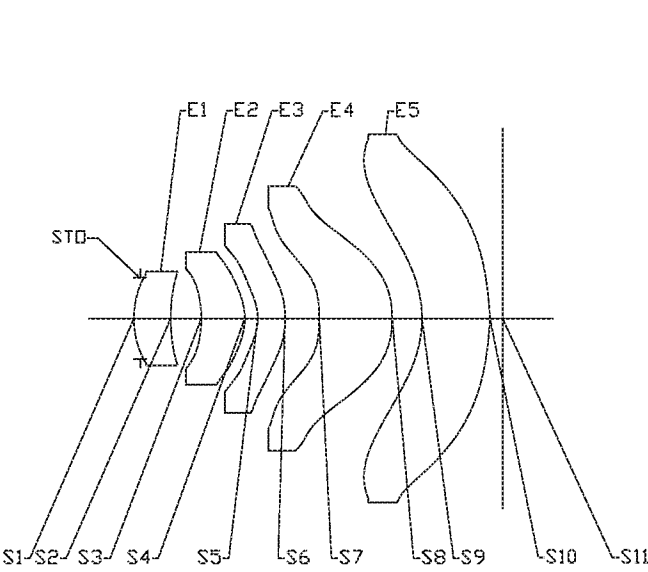


图 13

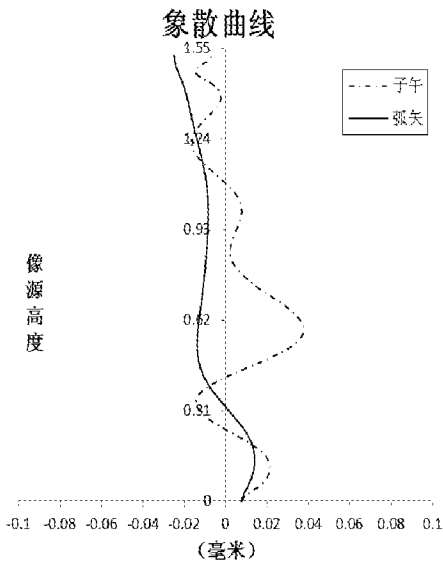


图 14A

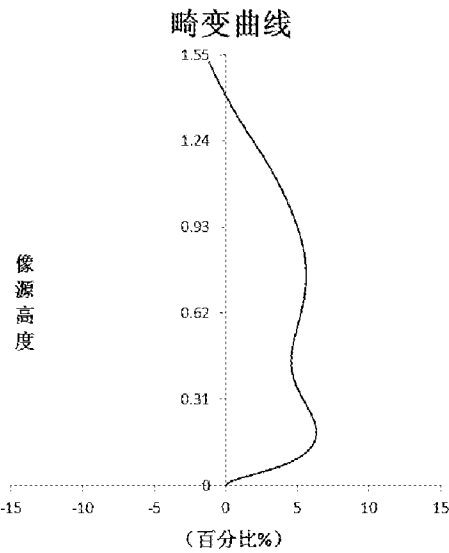


图 14B

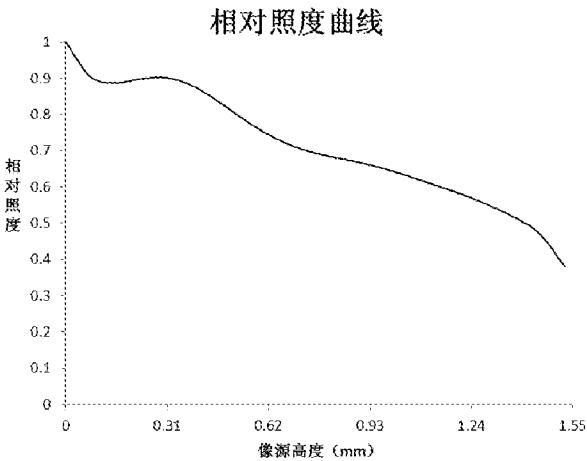


图 14C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/114512

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 13/00(2006.01)i; G02B 13/06(2006.01)i; G02B 11/30(2006.01)i; G02B 9/60(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; VEN; WOTXT; USTXT; EPTXT; CNKI: 投影, 透镜, 镜头, 正折光, 正折射, 正屈光, 正光焦, 负折光, 负折射, 负屈光, 负光焦, 第一透镜, 第1透镜, 第二透镜, 第2透镜, 第三透镜, 第3透镜, 第五透镜, 第5透镜, projection, lens, positive, negative, first, second, third, fifth

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 108388006 A (ZHEJIANG SUNNY OPTICS CO., LTD.) 10 August 2018 (2018-08-10) claims 1-15, description, paragraphs [0001]-[0021] and [0044]-[0097], and figures 1-2C	1-39
X	CN 205067851 U (SHENZHEN SANYOU OPTOELECTRONICS CO., LTD.) 02 March 2016 (2016-03-02) description, paragraphs [0001]-[0040], and figures 1 and 2	1-6, 10-15, 17, 19-26
A	CN 107436474 A (SINTAI OPTICAL (SHENZHEN) CO., LTD. ET AL.) 05 December 2017 (2017-12-05) entire document	1-39
A	CN 1949017 A (SHANGHAI INSTITUTE OF TECHNICAL PHYSICS OF THE CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 18 April 2007 (2007-04-18) entire document	1-39
A	CN 103955046 A (QISDA OPTRONICS (SUZHOU) CO., LTD. ET AL.) 30 July 2014 (2014-07-30) entire document	1-39



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 December 2018

Date of mailing of the international search report

30 January 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/114512

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108388006	A	10 August 2018	CN	208172351	U	30 November 2018
CN	205067851	U	02 March 2016	None			
CN	107436474	A	05 December 2017	US	2017343772	A1	30 November 2017
				US	10133034	B2	20 November 2018
CN	1949017	A	18 April 2007	None			
CN	103955046	A	30 July 2014	CN	103955046	B	07 September 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/114512

A. 主题的分类

G02B 13/00(2006.01)i; G02B 13/06(2006.01)i; G02B 11/30(2006.01)i; G02B 9/60(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G02B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNTXT;VEN;WOTXT;USTXT;EPTXT;CNKI;投影, 透镜, 镜头, 正折光, 正折射, 正屈光, 正光焦, 负折光, 负折射, 负屈光, 负光焦, 第一透镜, 第1透镜, 第二透镜, 第2透镜, 第三透镜, 第3透镜, 第五透镜, 第5透镜, projection, lens, positive, negative, first, second, third, fifth

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 108388006 A (浙江舜宇光学有限公司) 2018年 8月 10日 (2018 - 08 - 10) 权利要求1-15, 说明书第[0001]-[0021]、[0044]-[0097]段, 附图1-2C	1-39
X	CN 205067851 U (深圳市三优光电有限公司) 2016年 3月 2日 (2016 - 03 - 02) 说明书第[0001]-[0040]段, 附图1、2	1-6, 10-15, 17, 19-26
A	CN 107436474 A (信泰光学深圳有限公司 等) 2017年 12月 5日 (2017 - 12 - 05) 全文	1-39
A	CN 1949017 A (中国科学院上海技术物理研究所) 2007年 4月 18日 (2007 - 04 - 18) 全文	1-39
A	CN 103955046 A (苏州佳世达光电有限公司 等) 2014年 7月 30日 (2014 - 07 - 30) 全文	1-39

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 12月 17日

国际检索报告邮寄日期

2019年 1月 30日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

王硕

电话号码 86-(0512)-88997233

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/114512

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108388006	A	2018年 8月 10日	CN	208172351	U	2018年 11月 30日
CN	205067851	U	2016年 3月 2日	无			
CN	107436474	A	2017年 12月 5日	US	2017343772	A1	2017年 11月 30日
				US	10133034	B2	2018年 11月 20日
CN	1949017	A	2007年 4月 18日	无			
CN	103955046	A	2014年 7月 30日	CN	103955046	B	2016年 9月 7日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)