

(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
2022 年 7 月 7 日 (07.07.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/141594 A1

(51) 国际专利分类号:
G02B 27/01 (2006.01) **G02B 27/10** (2006.01)
G02B 25/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/142550

(22) 国际申请日: 2020 年 12 月 31 日 (31.12.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 深圳纳德光学有限公司 (SHENZHEN NADE OPTICAL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区粤海街道高新南七道 15 号深港产学研基地西座一层 W101 室曹鸿鹏, Guangdong 518000 (CN)。

(72) 发明人: 郭健飞 (GUO, Jianfei); 中国广东省深圳市南山区粤海街道高新南七道 15 号深港产学研基地西座一层 W101 室曹鸿鹏, Guangdong 518000 (CN)。 曹鸿鹏 (CAO, Hongpeng); 中国广东省深圳市南山区粤海街道高新南七道 15 号深港产学研基地西座一层 W101 室, Guangdong 518000 (CN)。

彭华军 (PENG, Huajun); 中国广东省深圳市南山区粤海街道高新南七道 15 号深港产学研基地西座一层 W101 室曹鸿鹏, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市多智汇新知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN DUOZHUIHUI NEW INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国广东省深圳市南山区南头街道深南大道南山数字文化产业基地西塔 1904 室鲁华, Guangdong 518000 (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, IT, 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,

(54) Title: EYEPIECE OPTICAL SYSTEM CAPABLE OF SUPERIMPOSING OPTICAL PATHS AND HEAD-MOUNTED DISPLAY DEVICE

(54) 发明名称: 一种可叠加光路的目镜光学系统及头戴显示装置

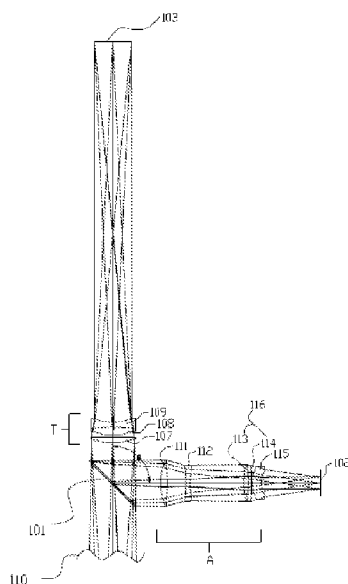


图 1

(57) Abstract: An eyepiece optical system capable of superimposing optical paths and a head-mounted display device. The eyepiece optical system comprises an image surface (103), an auxiliary optical path (T), a beam splitter (101), and a main optical path (A) which are sequentially connected; the optical axis of the image surface (103) coincides with the optical axis of the auxiliary optical path (T); the optical axis of the main optical path (A) and the optical axis of the auxiliary optical path (T) are perpendicular to each other; and the optical axis of the main optical path (A) is reflected by the beam splitter (101) and is superimposed with the auxiliary optical path (T) transmitted by the beam splitter (101). The main optical path (A) comprises a first lens (111), a second lens (112), and a third lens group (116) which are sequentially arranged from the beam splitter (101) to a micro-image display (102) along the optical axis direction; the first lens (111) is a positive lens; the second lens (105) is a negative lens; the third lens group (116) is a positive lens group; and the third lens group (116) comprises a third lens (113), a fourth lens (114), and a fifth lens (115) which are sequentially arranged from the beam splitter (101) to the micro-image display (102) along the optical axis direction. The auxiliary optical path (T) comprises a sixth lens (109), a seventh lens (108), and an eighth lens (107) which are sequentially arranged from the image surface (103) to the beam splitter (101) along the optical axis direction. An image displayed by the micro-image display (102) and a physical object image captured by an object shape observation and photographing device are displayed in superimposed fashion,

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, 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))。

and are combined with the feature relationships among optical components to achieve the characteristics of clearer imaging, small distortion and high quality of imaging.

(57) 摘要: 一种可叠加光路的目镜光学系统及头戴显示装置, 目镜光学系统包括依次相接的像面(103)、辅助光路(T)、分光镜(101)以及主光路(A); 像面(103)的光轴与辅助光路(T)的光轴重合; 主光路(A)的光轴与辅助光路(T)的光轴相互垂直; 主光路(A)的光轴经分光镜(101)反射并与经分光镜(101)透射的辅助光路(T)叠加; 主光路(A)包括从分光镜(101)至微型图像显示器(102)沿光轴方向依次排列的第一透镜(111)、第二透镜(112)和第三透镜组(116); 第一透镜(111)为正透镜; 第二透镜(105)为负透镜; 第三透镜组(116)为正透镜组; 第三透镜组(116)包括从分光镜(101)至微型图像显示器(102)沿光轴方向依次排列的第三透镜(113)、第四透镜(114)以及第五透镜(115); 辅助光路(T)包括从像面(103)至分光镜(101)沿光轴方向依次排列的第六透镜(109)、第七透镜(108)和第八透镜(107); 将微型图像显示器(102)所显示的图像与物体外形观测摄像设备摄取的实物图像进行叠加显示, 配合各光学部件之间的特征关系, 具有成像更为清晰, 畸变小, 成像质量高的特点。

一种可叠加光路的目镜光学系统及头戴显示装置

5 技术领域

本发明涉及光学技术领域，更具体地说，涉及一种可叠加光路的目镜光学系统及头戴显示装置。

背景技术

10 随着科学技术的不断提高，人们对一些高端光学仪器仪表的使用也越加频繁，但是目前市场的很多光学仪器仪表对使用者有着特殊的要求，需要使用者自身具有相关知识储备才能够熟悉使用，这就大大收小了使用人群。

例如，在对于光学行业的业余爱好者使用望远镜、夜视仪等光学成像仪器的过程中，使用者往往对其所观测到的物体有所陌生，需要不停借助书籍或者
15 上网设备查询才能得知所观测的物体的信息，甚至可能存在查询不到对应物体信息的情况出现。这种情况导致使用者在使用过程中需要花费大量时间去查询资料，大大降低了使用者对高端仪器的使用兴趣。

随着使用高端光学仪器仪表的人群增加，高端光学仪器仪表的入门门槛需要得到降低。如何在改变仪器原有的使用功能的同时，又能便于使用者熟悉
20 使用成为主要的挑战。

发明内容

本发明要解决的技术问题在于现有的光学系统均为定焦光学系统，难以满足大部分消费者的需求，同时光学系统的重量偏重体积偏大，针对现有技术的

上述缺陷，提供一种可叠加光路的目镜光学系统及头戴显示装置。

本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：构造一种可叠加光路的目镜光学系统，包括依次相接的像面、辅助光路、分光镜以及主光路；所述像面的光轴与所述辅助光路的光轴重合；所述主光路的光轴与所述辅助光路的光轴相互垂直；所述主光路的光轴经所述分光镜反射并与经所述分光镜透射的辅助光路叠加；

所述主光路包括从所述分光镜至微型图像显示器沿光轴方向依次排列的第一透镜、第二透镜以及第三透镜组；所述第一透镜为正透镜；所述第二透镜为负透镜；所述第三透镜组为正透镜组；所述第三透镜组包括从所述分光镜至微型图像显示器沿光轴方向依次排列的第三透镜、第四透镜以及第五透镜；

所述辅助光路包括从所述像面至所述分光镜沿光轴方向依次排列的第六透镜、第七透镜以及第八透镜；

所述光学系统的有效焦距设为 F ，所述主光路的有效焦距设为 F_1 ，所述辅助光路的有效焦距设为 F_2 ，且 F 、 F_1 、 F_2 满足下列关系式 (1)、(2)：

$$0.558 \leq F_1/F \leq 1.822 \quad (1);$$

$$2.265 \leq F_t/F \leq 3.493 \quad (2)。$$

进一步地，所述主光路的有效焦距为 F_1 ，所述辅助光路的有效焦距为 F_2 ，且 F_1 、 F_2 满足下列关系式 (3)：

$$1.413 \leq F_t/F_1 \leq 4.63 \quad (3)。$$

进一步地，所述像面的像高设为 H ，所述微型图像显示器的像高设为 h ，且 H 、 h 满足下列关系式 (4)：

$$0.346 \leq h/H \leq 0.716 \quad (4)。$$

进一步地，所述分光镜的光线反射率设为 μ ，所述分光镜的透射率为 n ，

且 μ 、 n 足下列关系式 (5):

$$80\% \leq \mu + n \leq 100\% \quad (5)。$$

进一步地, 所述主光路与所述辅助光路的光轴夹角设为 θ , 且 θ 满足下列关系式 (6):

$$5 \quad \theta < 180^\circ \quad (6)。$$

进一步地, 所述第一透镜远离所述微型图像显示器侧的光学面凹向微型图像显示器方向, 且该光学面为球面面型。

进一步地, 所述第二透镜靠近微型图像显示器侧的光学面凹向微型图像显示器方向, 且该光学面为球面面型。

10 进一步地, 所述第六透镜为负透镜; 所述第七透镜和所述第八透镜为正透镜。

进一步地, 所述第六透镜远离像面侧的光学面与所述第七透镜的相邻光学面胶合。

进一步地, 非球面面型计算公式为:

$$15 \quad z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \alpha_2 r^2 + \alpha_4 r^4 + \alpha_6 r^6 + \dots。$$

进一步地, 所述第三透镜为双凸透镜; 所述第四透镜远离微型图像显示器侧的光学面凸向微型图像显示器方向; 所述第三透镜靠近微型图像显示器侧的光学面与所述第四透镜的相邻光学面胶合。

进一步地, 所述第三透镜靠近微型图像显示器侧的光学面以及远离微型图像显示器侧的光学面均凹向微型图像显示器; 所述第四透镜远离微型图像显示器侧的光学面凹向微型图像显示器方向。

进一步地, 所述分光镜、所述主光路以及所述辅助光路内各透镜的基底材

质均为光学玻璃材质。

本发明还提供一种头戴显示装置,包括微型图像显示器以及物体外形观测摄像设备,还包括如前述中任一项所述的目镜光学系统。

进一步地,所述微型图像显示器包括有机电致发光发光器件、透射式液晶
5 显示器或反射式液晶显示器。

进一步地,所述物体外形观测摄像设备包括但不限于显微镜或望远镜。

本发明的有益效果在于:采用通过半透半反的方式进行成像光线的叠加,主光路的光轴通过分光镜反射后与经分光镜投射的辅助光路的光轴叠加,将微型图像显示器所显示的图像与物体外形观测摄像设备摄取的实物图像进行叠
10 加显示,通过正、负、正的透镜组合以及各光学部件之间的特征关系,达到高清重合度高效果,成像更为清晰,畸变小,成像质量高的特点,使微型图像显示器的成像与双光路成像重叠更为完美逼真。

附图说明

15 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,下面描述中的附图仅仅是本发明的部分实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他附图:

图 1 是本发明第一实施例的目镜光学系统光路图;

20 图 2a 是本发明第一实施例的目镜光学系统场曲图,图 2b 是本发明第一实施例的目镜光学系统畸变曲线图;

图 3 是本发明第一实施例的目镜光学系统弥散斑阵列示意图;

图 4 是本发明第一实施例的目镜光学系统光学传递函数 MTF 示意图;

图 5 是本发明第二实施例的目镜光学系统光路图；

图 6a 是本发明第二实施例的目镜光学系统场曲图，图 6b 是本发明第二实施例的目镜光学系统畸变曲线图；

图 7 是本发明第二实施例的目镜光学系统弥散斑阵列示意图；

5 图 8 是本发明第二实施例的目镜光学系统光学传递函数 MTF 示意图；

图 9 是本发明第三实施例的目镜光学系统光路图；

图 10a 是本发明第三实施例的目镜光学系统场曲图，图 10b 是本发明第三实施例的目镜光学系统畸变曲线图；

图 11 是本发明第三实施例的目镜光学系统弥散斑阵列示意图；

10 图 12 是本发明第三实施例的目镜光学系统光学传递函数 MTF 示意图。

具体实施方式

为了使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述，显然，所描述的实施例是本发明的部分实施例，而不是全部实施例。基于本发明的实施例，本领域普通技术人员在没有付出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明的保护范围。

本发明构造一种可叠加光路的目镜光学系统，包括依次相接的像面、辅助光路、分光镜以及主光路；像面的光轴与辅助光路的光轴重合；主光路的光轴与辅助光路的光轴相互垂直；主光路的光轴经分光镜反射并与经分光镜透射的辅助光路叠加；

主光路包括从分光镜至微型图像显示器沿光轴方向依次排列的第一透镜、第二透镜以及第三透镜组；第一透镜为正透镜；第二透镜为负透镜；第三透镜

组为正透镜组；第三透镜组包括从分光镜至微型图像显示器沿光轴方向依次排列的第三透镜、第四透镜以及第五透镜；

辅助光路包括从像面至分光镜沿光轴方向依次排列的第六透镜、第七透镜以及第八透镜；

- 5 光学系统的有效焦距设为 F ，主光路的有效焦距设为 F_1 ，辅助光路的有效焦距设为 F_2 ，且 F 、 F_1 、 F_2 满足下列关系式 (1)、(2)：

$$0.558 \leq F_1/F \leq 1.822 \quad (1);$$

$$2.265 \leq F_t/F \leq 3.493 \quad (2)。$$

- 其中， F_1/F 可取值为 0.558、0.7、0.81、0.833、0.954、1.12、1.32、
10 1.57、1.822 等等， F_t/F 可取值为 2.265、2.34、2.57、2.67、2.89、3.11、
3.32、.3.493 等等。

- 上述关系式 (1)、(2) 中 F_1/F 和 F_t/F 的取值范围对系统像差的校正、光学元件的加工难度、以及光学元件装配偏差的灵敏度密切相关，关系式 (1) 中 F_1/F 的取值大于 -0.558，使系统像差得以充分校正，从而实现优质的光学
15 效果，其取值小于 1.822，改善了所述系统中光学元件的可加工性；关系式 (2) 中的 F_t/F 取值大于 2.265，改善了所述系统中光学元件的可加工性，其取值小于 3.493，使系统像差得以充分校正，从而实现更加优质的光学效果。

- 上述实施例采用分光镜半透半反的特性，其中，主光路的光轴通过分光镜反射后与经分光镜投射的辅助光路的光轴叠加，将微型图像显示器所显示的图
20 像与物体外形观测摄像设备摄取的实物图像进行叠加显示，通过正、负、正的透镜组合以及各光学部件之间的特征关系，达到高清重合度高效果，成像更为清晰，畸变小，成像质量高的特点，使微型图像显示器的成像与双光路成像重叠更为完美逼真。

在进一步的实施例中，主光路的有效焦距为 F_1 ，辅助光路的有效焦距为 F_2 ，且 F_1 、 F_2 满足下列关系式 (3)：

$$1.413 \leq F_t/F_1 \leq 4.63 \quad (3)。$$

其中， F_t/F_1 可取值为 1.413、1.512、1.784、1.95、2.111、2.135、3.12、
5 3.354、3.785、3.987、4.12、4.63 等等。

在进一步的实施例中，像面的像高设为 H ，微型图像显示器的像高设为 h ，
且 H 、 h 满足下列关系式 (4)：

$$0.346 \leq h/H \leq 0.716 \quad (4)。$$

其中， h/H 可取值为 0.346、0.461、0.478、0.557、0.578、0.613、0.655、
10 0.689、0.716 等等。

在进一步的实施例中，分光镜的光线反射率设为 μ ，分光镜的透射率为 n ，
且 μ 、 n 足下列关系式 (5)：

$$80\% \leq \mu + n \leq 100\% \quad (5)。$$

其中， $\mu + n$ 可取值为 80%、85%、88.5%、89.1%、91.2%、99%、100% 等。

15 在进一步的实施例中，主光路与辅助光路的光轴夹角设为 θ ，且 θ 满足下列关系式 (6)：

$$\theta < 180^\circ \quad (6)。$$

在进一步的实施例中，第一透镜远离微型图像显示器侧的光学面凹向微型
图像显示器方向，且该光学面为球面面型。

20 在进一步的实施例中，第二透镜靠近微型图像显示器侧的光学面凹向微型
图像显示器方向，且该光学面为球面面型。

进一步改善了系统的像散和场曲等像差，有利于目镜系统实现全画幅均匀
像质的高分辨率光学效果。

在进一步的实施例中，第六透镜为负透镜；第七透镜和第八透镜为正透镜。

在进一步的实施例中，第六透镜远离像面侧的光学面与第七透镜的相邻光学面胶合。

在进一步的实施例中，第三透镜为双凸透镜；第四透镜远离微型图像显示器侧的光学面凸向微型图像显示器方向；第三透镜靠近微型图像显示器侧的光学面与第四透镜的相邻光学面胶合。

在进一步的实施例中，第三透镜靠近微型图像显示器侧的光学面以及远离微型图像显示器侧的光学面均凹向微型图像显示器；第四透镜远离微型图像显示器侧的光学面凹向微型图像显示器方向。

在进一步的实施例中，分光镜、主光路以及辅助光路内各透镜的基底材质均为光学玻璃材质。

使得所述目镜光学系统的各级像差得到充分校正的同时，又控制了光学元件的制造成本和光学系统的重量。

在进一步的实施例中，非球面面型计算公式为：

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \alpha_2 r^2 + \alpha_4 r^4 + \alpha_6 r^6 + \dots ;$$

其中， z 为光学面的矢高， c 为非球面顶点处曲率， k 为非球面系数， $\alpha_2, \alpha_4, \alpha_6 \dots$ 为各阶系数， r 为曲面上点到透镜系统光轴的距离坐标。

使所述光学系统的像差（包括球差、慧差、畸变、场曲、像散、色差和其它高阶像差）得到充分的校正，有利于所述目镜光学系统在实现大视场角、大孔径的同时，进一步提升中心视场和边缘视场的图像质量、缩小中心视场和边缘视场图像质量的差别，实现更均匀的图像质量和低畸变。

下面通过更加具体的实施例对上述目镜光学系统的原理、方案及显示结果

进行更进一步的阐述。

以下实施例中，如图 1 所示，包括依次相接的像面 103、辅助光路 T、分光镜 101 以及主光路 A；所述像面 103 的光轴与所述辅助光路 T 的光轴重合；所述主光路 A 的光轴与所述辅助光路 T 的光轴相互垂直；所述主光路 A 的光轴经所述分光镜 101 反射并与经所述分光镜 101 透射的辅助光路 T 叠加；所述主光路 A 包括从所述分光镜 101 至微型图像显示器 102 沿光轴方向依次排列的第一透镜 111、第二透镜 112、第三透镜 113、第四透镜 114、第五透镜 115；所述第一透镜 111 为正透镜；所述第二透镜 112 为负透镜；所述辅助光路 T 包括从所述像面 103 至所述分光镜 101 沿光轴方向依次排列的第四透镜 109、第五透镜 108 以及第六透镜 107；像面 103 可以为目镜光学系统成像的出瞳，为一个虚拟的出光孔径，可以观察到最佳的成像效果。微型图像显示器 102 发出的光，依次经过第五透镜 115、第四透镜 114、第三透镜 113、第二透镜 112 和第一透镜 111 后，经过分光镜 101 反射。物体外形观测摄像设备 110 发出的光线经过分光镜 101 透射，与经分光镜 101 反射的微型图像显示器 102 的光线叠加，并依次经过第六透镜 107、第五透镜 108 和第四透镜 109 后，到达像面 103。

第一实施例

所述第一实施例目镜设计数据如下表一所示：

表一

表面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	镜片		净口径 (mm)
			折射率	阿贝数	
1	无穷	234.5126			23.72623
2	-31	2.918646	1.54739	53.631194	25.4
3	75.76519	5.070955	1.45599	90.288026	27.97
4	-44.78	1.22			27.97
5	无穷	3.52	1.51822	58.902057	27.97
光阑	-44	25			27.01987
7	无穷	-30	反射		40.38275

8	-54.58006	-3.767876	1.80609	40.945389	29.20063
9	206.195	-12.49817			28.90776
10	54.37136	-1.504907	1.63191	23.416119	22.54409
11	-52.5689	-33.92853			21.97448
12	-54.84338	-3.688169	1.6779	55.199566	22.86978
13	57.4283	-1.503812	1.762	40.106913	22.64229
14	79.35988	-0.2927389			22.41295
15	-20.96386	-4.8427	1.80999	41.000073	20.64981
16	-14.55398	-37.99805			17.00481
像面	无穷				8.06659

表一

附图 1 为第一实施例目镜光学系统的 2D 结构图，包括依次相接的像面 103、辅助光路 T、分光镜 101 以及主光路 A；所述像面 103 的光轴与所述辅助光路 T 的光轴重合；所述主光路 A 的光轴与所述辅助光路 T 的光轴相互垂直；

5 所述主光路 A 的光轴经所述分光镜 101 反射并与经所述分光镜 101 透射的辅助光路 T 叠加；所述主光路 A 包括从所述分光镜 101 至微型图像显示器 102 沿光轴方向依次排列的第一透镜 111、第二透镜 112、第三透镜 113、第四透镜 114 和第五透镜 115；所述第一透镜 111 为正透镜；所述第二透镜 112 为负透镜；

10 所述辅助光路 T 包括从所述像面 103 至所述分光镜 101 沿光轴方向依次排列的第四透镜 109、第五透镜 108 以及第六透镜 107；所述主光路 A 与所述辅助光路 T 的光轴夹角设为 θ ， θ 角小于 180° 。第一透镜 111 远离微型图像显示器 102 侧的光学面为凹向微型图像显示器 102 方向，且该光学面为偶次非球面面型；第二透镜 112 靠近微型图像显示器 102 侧的光学面为凹向微型图像显示器 102，且该光学面为球面面型。本光学系统光学透镜和分光镜 101 基底为光学

15 玻璃材质，其中光学系统的焦距 F 为 79.47mm，主光路 A 的焦距 F1 为 100.62mm，辅助光路 T 的焦距 Ft 为 180mm，像面 103 像高 H 为 23mm，微型图像显示器 102 像高为 8mm，则 $F1/F$ 为 1.267， Ft/F 为 2.265， $Ft/F1$ 为 1.789， h/H 为 0.348。

附图 2a、附图 2b、附图 3、附图 4 分别为该光学系统场曲图、畸变曲线图、弥散斑阵列图及光学传递函数 MTF 图，反映出了本实施例各个视场光线在像平面(显示器件 1)的单位像素内有着很高的分辨率及很小的光学场曲畸变，单位周期每 10mm 分辨率达到 0.8 以上，光学系统像差得到良好校正，通过所述目镜光学系统可观察到均匀、高光学性能的显示画像。

第二实施例

所述第二实施例目镜设计数据如下表二所示：

表二

表面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	镜片		净口径 (mm)
			折射率	阿贝数	
1	无穷	218.0851			21.58283
2	-31	2.918646	1.54739	53.631194	25.4
3	75.76519	5.070955	1.45599	90.288026	27.97
4	-44.78	1.22			27.97
5	无穷	3.52	1.51822	58.902057	27.97
光阑	-44	25			24.76821
7	无穷	-30		反射	36.49578
8	-59.80119	-3.398818	1.8515	40.782269	26.28078
9	170.3703	-11.57026			25.99866
10	51.386	-1.470287	1.63191	23.416119	20.46741
11	-59.39686	-34.35641			20.01399
12	-55.11157	-3.226656	1.6228	56.951885	19.78494
13	57.8923	-0.3582343			19.57203
14	57.8923	-1.544027	1.762	40.106913	19.39714
15	68.99822	-0.2972138			19.22427

10

附图 5 为第二实施例目镜光学系统的 2D 结构图，包括依次相接的像面 103、辅助光路 T、分光镜 101 以及主光路 A；所述像面 103 的光轴与所述辅助光路 T 的光轴重合；所述主光路 A 的光轴与所述辅助光路 T 的光轴相互垂直；

所述主光路 A 的光轴经所述分光镜 101 反射并与经所述分光镜 101 透射的辅助光路 T 叠加;所述主光路 A 包括从所述分光镜 101 至微型图像显示器 102 沿光轴方向依次排列的第一透镜 111、第二透镜 112、第三透镜 113、第四透镜 114 和第五透镜 115;所述第一透镜 111 为正透镜;所述第二透镜 112 为负透镜;

5 所述辅助光路 T 包括从所述像面 103 至所述分光镜 101 沿光轴方向依次排列的第四透镜 109、第五透镜 108 以及第六透镜 107;所述主光路 A 与所述辅助光路 T 的光轴夹角设为 θ , θ 角小于 180° 。第一透镜 111 远离微型图像显示器 102 侧的光学面为凹向微型图像显示器 102 方向,且该光学面为偶次非球面面型;第二透镜 112 靠近微型图像显示器 102 侧的光学面为凹向微型图像显示器

10 102 方向,且该光学面为球面面型。本光学系统光学透镜和分光镜 101 基底为光学玻璃材质,其中光学系统的焦距 F 为 77.48mm,主光路 A 的焦距 F1 为 100.22mm,辅助光路 T 的焦距 Ft 为 180mm,像面 103 像高 H 为 16.2mm,微型图像显示器 102 像高为 6mm,则 $F1/F$ 为 1.29, Ft/F 为 2.32, $Ft/F1$ 为 1.80, h/H 为 0.37。

15 附图 6a、附图 6b、附图 7、附图 8 分别为该光学系统的场曲图、畸变曲线图、弥散斑阵列图及光学传递函数 MTF 图,反映出了本实施例各个视场光线在像平面(显示器件 I)的单位像素内有着很高的分辨率及很小的光学场曲畸变,单位周期每 20mm 分辨率达到 0.9 以上,光学系统像差得到良好校正,通过所述目镜光学系统可观察到均匀、高光学性能的显示画像。

第三实施例

所述第三实施例目镜设计数据如下表三所示:

表三

表面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	镜片		净口径 (mm)
			折射率	阿贝数	
1	无穷	135.3842			23.73865
2	-31	2.918646	1.54739	53.631194	25.4
3	75.76519	5.070955	1.45599	90.288026	27.97
4	-44.78	1.22			27.97
5	无穷	3.52	1.51822	58.902057	27.97
光阑	-44	25			27.01986
7	无穷	-30		反射	47.75483
8	-66.68544	-4.691452	1.816	46.56921	36.15484
9	165.0282	-7.51316			35.94999
10	71.79759	-1.480172	1.6319	23.416119	32.62971
11	-70.0633	-0.2733879			32.04844
12	-39.1197	-3.43679	1.72915	54.680013	32.26232
13	-92.31426	-15.42451			31.84645
14	-92.31426	-2.214126	1.84666	23.787324	27.62612
15	-340.057	-0.3000623			27.20567
16	-30.60148	-5.157059	1.66461	54.657841	25.84061
17	-17.56741	-60.16065			21.8713
像面	无穷				16.19422

附图 9 为第三实施例目镜光学系统的 2D 结构图，包括依次相接的像面 103、辅助光路 T、分光镜 101 以及主光路 A；所述像面 103 的光轴与所述辅助光路 T 的光轴重合；所述主光路 A 的光轴与所述辅助光路 T 的光轴相互垂直；

5 所述主光路 A 的光轴经所述分光镜 101 反射并与经所述分光镜 101 透射的辅助光路 T 叠加；所述主光路 A 包括从所述分光镜 101 至微型图像显示器 102 沿光轴方向依次排列的第一透镜 111、第二透镜 112、第三透镜 113、第四透镜 114 和第五透镜 115；所述第一透镜 111 为正透镜；所述第二透镜 112 为负透镜；

所述辅助光路 T 包括从所述像面 103 至所述分光镜 101 沿光轴方向依次排列的

10 第四透镜 109、第五透镜 108 以及第六透镜 107；所述主光路 A 与所述辅助光路 T 的光轴夹角设为 θ ， θ 角小于 180° 。第一透镜 111 远离微显示屏侧的光

学面为凹向微型图像显示器 102, 且该光学面为偶次非球面面型; 第二透镜 112 靠近微型图像显示器 102 侧的光学面为凹向微型图像显示器 102, 且该光学面为球面面型。本光学系统光学透镜和分光镜 101 基底为光学玻璃材质, 其中光学系统的焦距 F 为 65.17mm, 主光路 A 的焦距 F_1 为 107.96mm, 辅助光路 T 的焦距 F_t 为 180mm, 像面 103 像高 H 为 23.5mm, 微型图像显示器 102 像高为 16.2mm, 则 F_1/F 为 1.65, F_t/F 为 2.76, F_t/F_1 为 1.67, h/H 为 0.69。

附图 10a、附图 10b、附图 11、附图 12 分别为该光学系统的场曲图、畸变曲线图、弥散斑阵列图及光学传递函数 MTF 图, 反映出了本实施例各个视场光线在像平面(显示器件 1)的单位像素内有着很高的分辨率及很小的光学场曲畸变, 单位周期每 20mm 分辨率达到 0.9 以上, 光学系统像差得到良好校正, 通过所述目镜光学系统可观察到均匀、高光学性能的显示画像。

上述实施例一至三的各项数据均满足发明内容中所记录的参数要求, 结果如下表四所示:

表四

	F_1/F	F_t/F	F_t/F_1	h/H
实施例一	1.27	2.27	1.79	0.35
实施例二	1.29	2.32	1.80	0.37
实施例三	1.66	2.76	1.67	0.69

本发明还提供一种头戴显示装置, 包括微型图像显示器以及物体外形观测摄像设备, 还包括如前述中任一项的目镜光学系统。

优选地, 微型图像显示器包括有机电致发光发光器件、透射式液晶显示器或反射式液晶显示器。

优选地, 物体外形观测摄像设备包括但不限于显微镜或望远镜。

上述头戴显示装置采用一种可叠加光路的目镜光学系统,该系统采用通过半透半反的方式进行成像光线的叠加,主光路的光轴通过分光镜反射后与经分光镜投射的辅助光路的光轴叠加,将微型图像显示器所显示的图像与物体外形观测摄像设备摄取的实物图像进行叠加显示,通过正、负、正的透镜组合以及
5 各光学部件之间的特征关系,达到高清重合度高效果,成像更为清晰,畸变小,成像质量高的特点,使微型图像显示器的成像与双光路成像重叠更为完美逼真。

在具体实际应用中,使用者通过多重成像叠加显示,对光学仪器仪表所成像进行讲解分析处理,让对该光学仪器仪表不精通的人员也能更好的进行操作
10 做出判断。

应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

权 利 要 求 书

1、一种可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于：包括依次相接的像面、辅助光路、分光镜以及主光路；所述像面的光轴与所述辅助光路的光轴重合；
5 所述主光路的光轴与所述辅助光路的光轴相互垂直；所述主光路的光轴经所述分光镜反射并与经所述分光镜透射的辅助光路叠加；

所述主光路包括从所述分光镜至微型图像显示器沿光轴方向依次排列的第一透镜、第二透镜以及第三透镜组；所述第一透镜为正透镜；所述第二透镜为负透镜；所述第三透镜组为正透镜组；所述第三透镜组包括从所述分光镜至
10 微型图像显示器沿光轴方向依次排列的第三透镜、第四透镜以及第五透镜；

所述辅助光路包括从所述像面至所述分光镜沿光轴方向依次排列的第六透镜、第七透镜以及第八透镜；

所述光学系统的有效焦距设为 F ，所述主光路的有效焦距设为 F_1 ，所述辅助光路的有效焦距设为 F_2 ，且 F 、 F_1 、 F_2 满足下列关系式 (1)、(2)：

15
$$0.558 \leq F_1/F \leq 1.822 \quad (1);$$

$$2.265 \leq F_t/F \leq 3.493 \quad (2)。$$

2、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所述主光路的有效焦距为 F_1 ，所述辅助光路的有效焦距为 F_2 ，且 F_1 、 F_2 满足下列关系式 (3)：

20
$$1.413 \leq F_t/F_1 \leq 4.63 \quad (3)。$$

3、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所述像面的像高设为 H ，所述微型图像显示器的像高设为 h ，且 H 、 h 满足下列关系式 (4)：

$$0.346 \leq h/H \leq 0.716 \quad (4)。$$

4、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所述分光镜的光线反射率设为 μ ，所述分光镜的透射率为 n ，且 μ 、 n 足下列关系式 (5)：

$$80\% \leq \mu + n \leq 100\% \quad (5)。$$

5、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所述主光路与所述辅助光路的光轴夹角设为 θ ，且 θ 满足下列关系式 (6)：

$$\theta < 180^\circ \quad (6)。$$

6、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所述第一透镜远离所述微型图像显示器侧的光学面凹向微型图像显示器方向，且该光学面为球面面型。

7、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所述第二透镜靠近微型图像显示器侧的光学面凹向微型图像显示器方向，且该光学面为球面面型。

8、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所述第六透镜为负透镜；所述第七透镜和所述第八透镜为正透镜。

9、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所述第六透镜远离像面侧的光学面与所述第七透镜的相邻光学面胶合。

10、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所述第三透镜为双凸透镜；所述第四透镜远离微型图像显示器侧的光学面凸向微型图像显示器方向；所述第三透镜靠近微型图像显示器侧的光学面与所述第四透镜的相邻光学面胶合。

11、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所

述第三透镜靠近微型图像显示器侧的光学面以及远离微型图像显示器侧的光学面均凹向微型图像显示器；所述第四透镜远离微型图像显示器侧的光学面凹向微型图像显示器方向。

12、根据权利要求 1 所述的可叠加光路的目镜光学系统，其特征在于，所述分光镜、所述主光路以及所述辅助光路内各透镜的基底材质均为光学玻璃材质。

13、一种头戴显示装置，包括微型图像显示器以及物体外形观测摄像设备，其特征在于，还包括如权利要求 1-12 中任一项所述的目镜光学系统。

14、根据权利要求 13 所述的头戴显示装置，其特征在于，所述微型图像显示器包括有机电致发光发光器件、透射式液晶显示器或反射式液晶显示器。

15、根据权利要求 13 所述的头戴显示装置，其特征在于，所述物体外形观测摄像设备包括但不限于显微镜或望远镜。

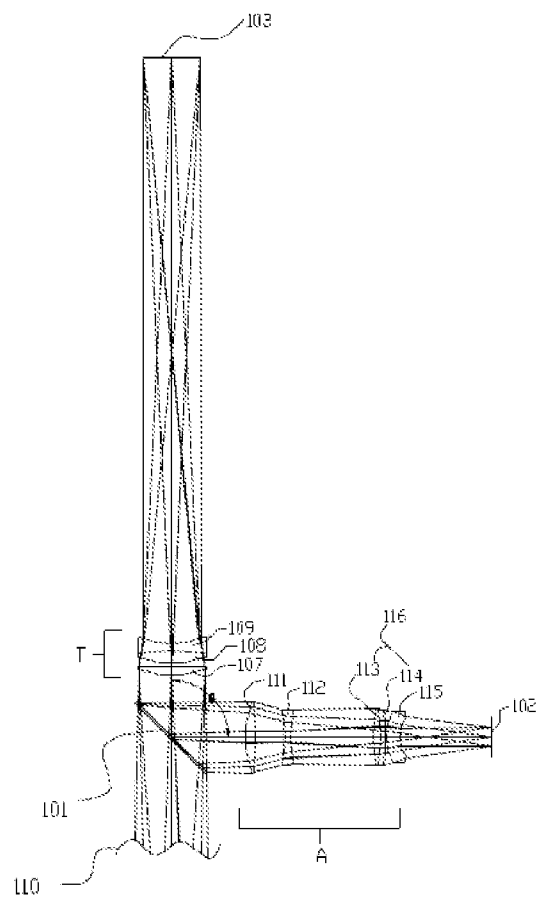


图 1

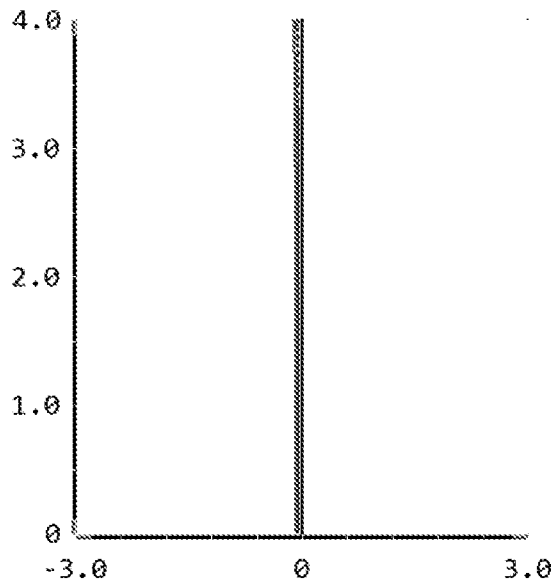


图 2a

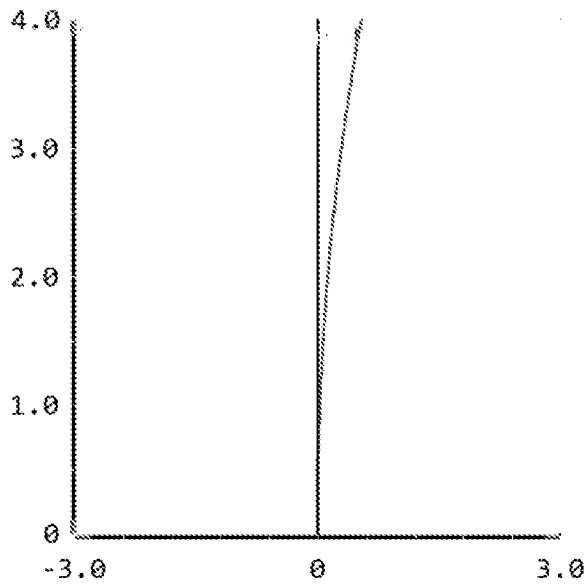


图 2b

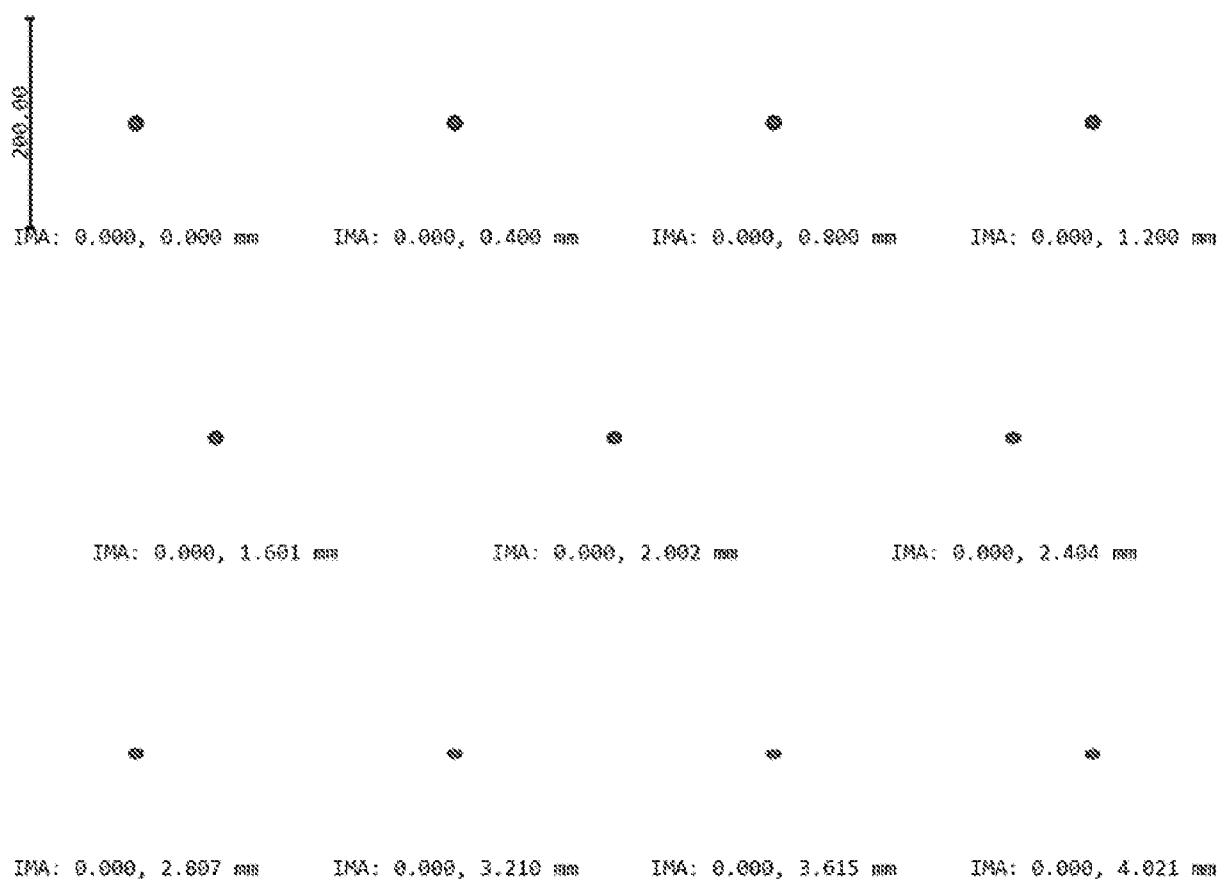


图 3

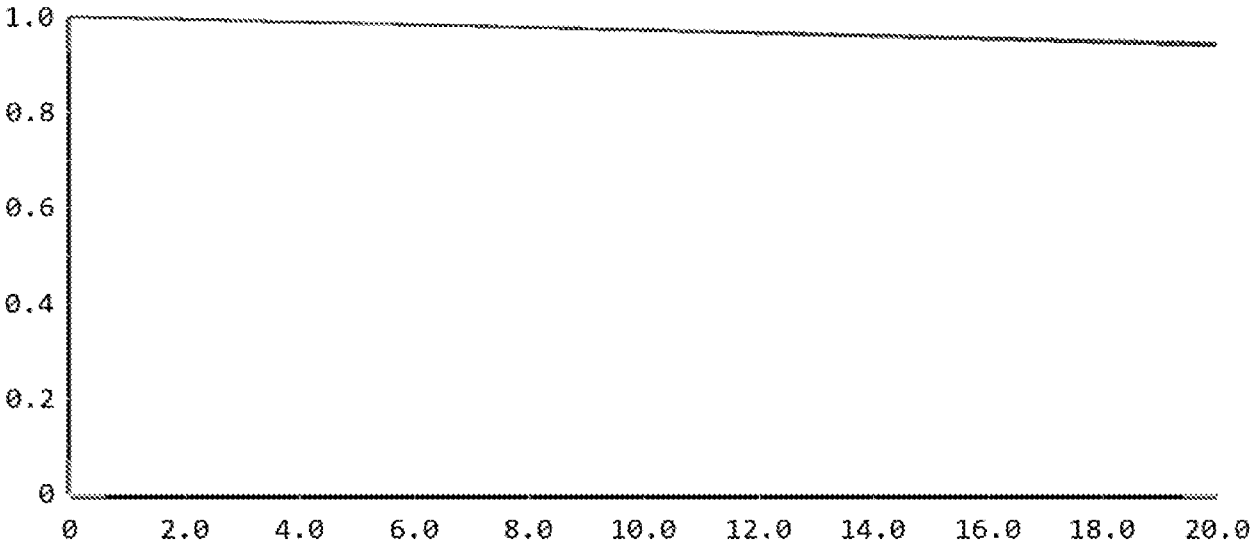


图 4

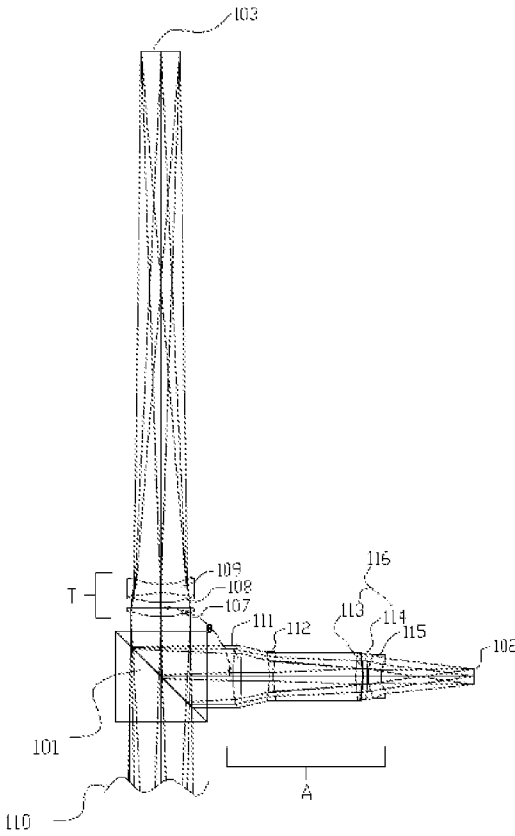


图 5

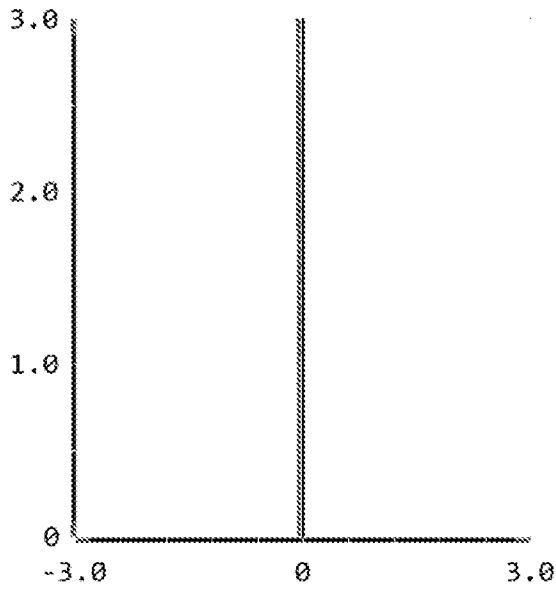


图 6a

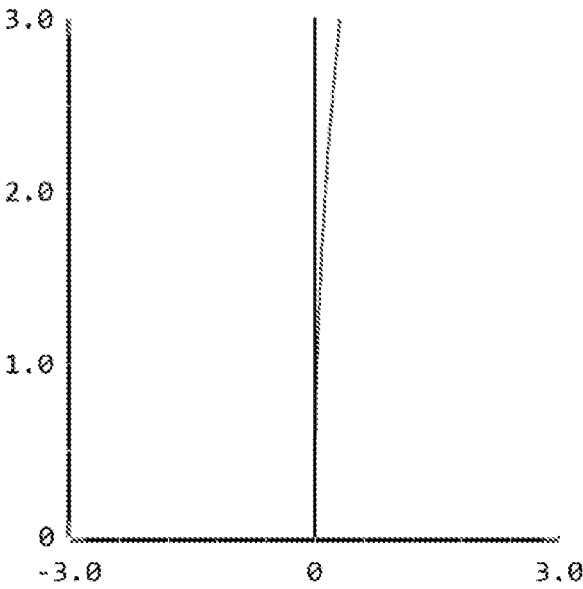


图 6b

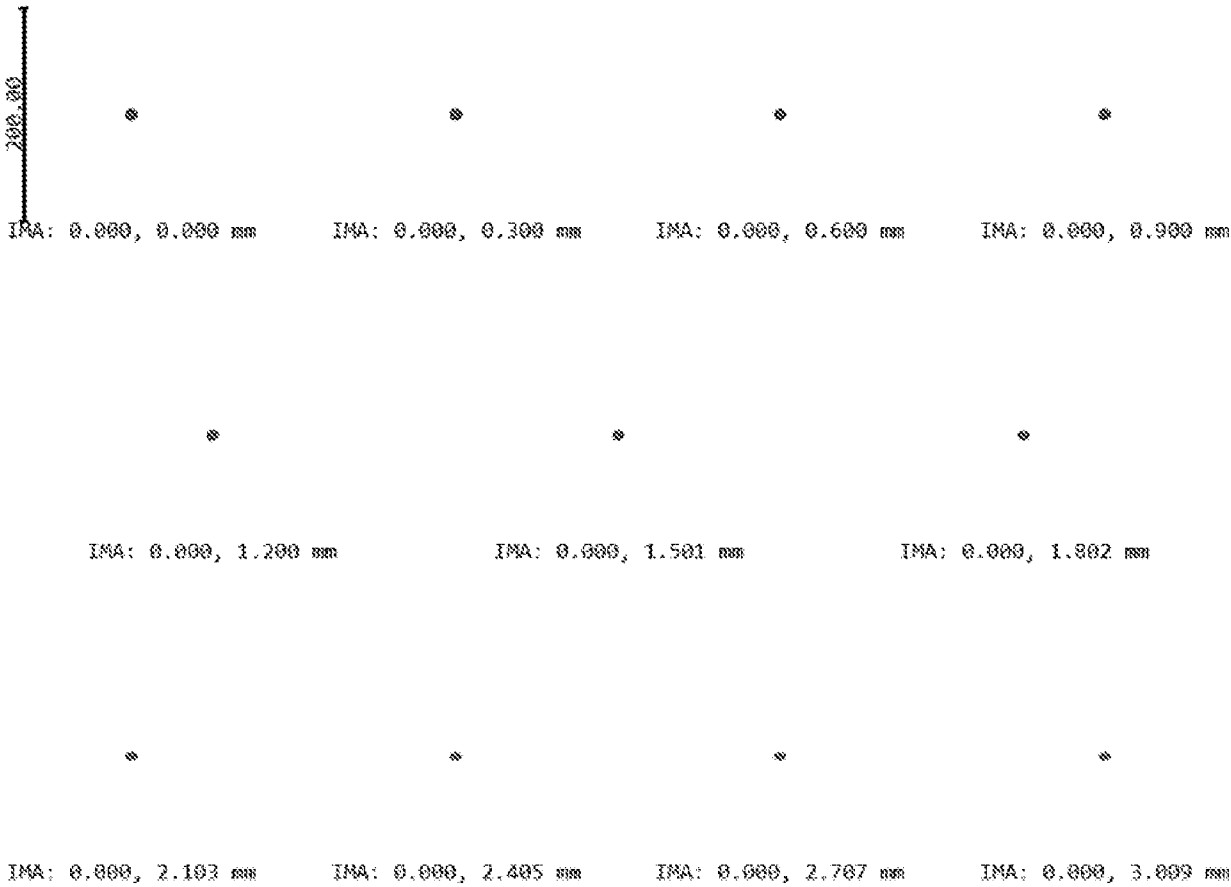


图 7

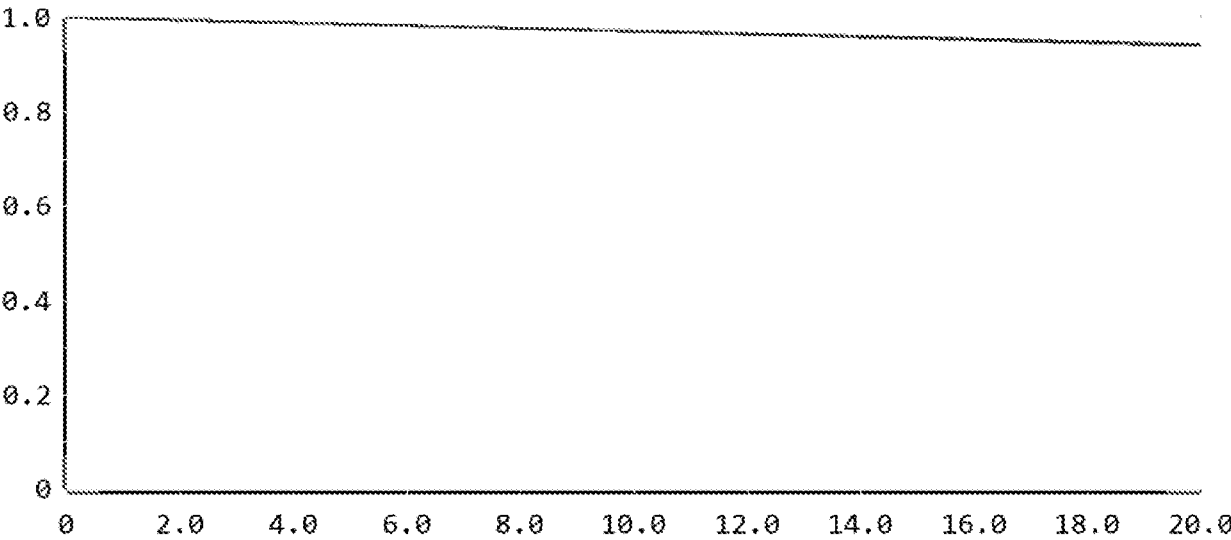


图 8

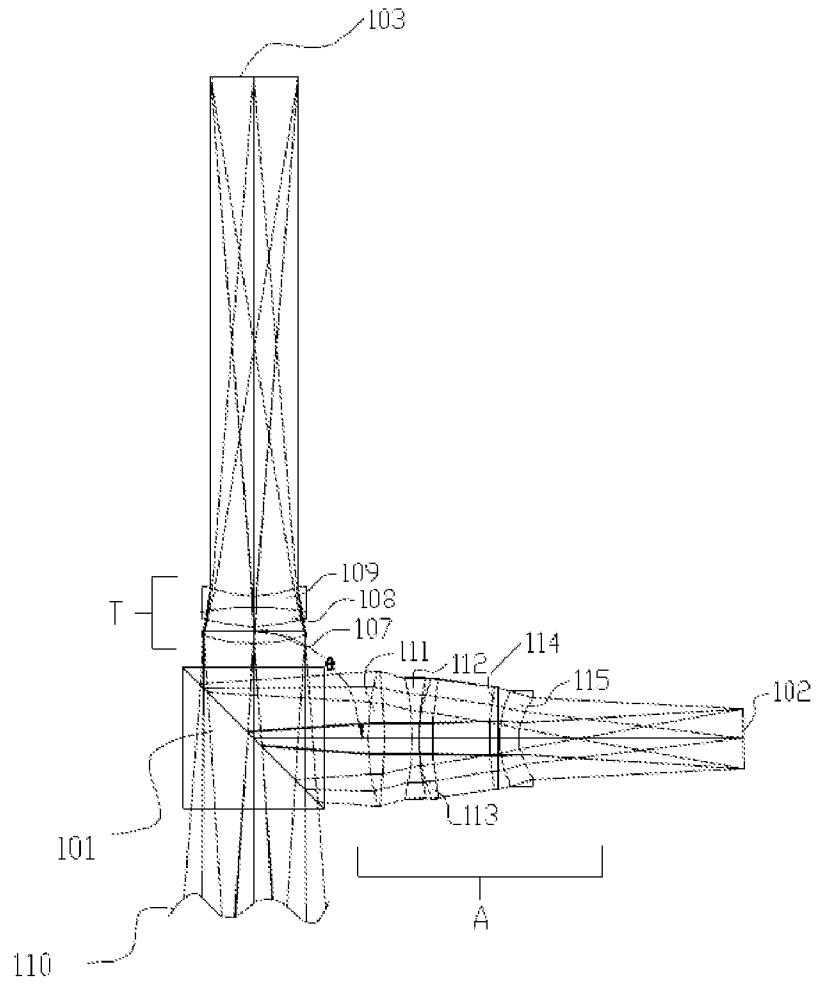


图 9

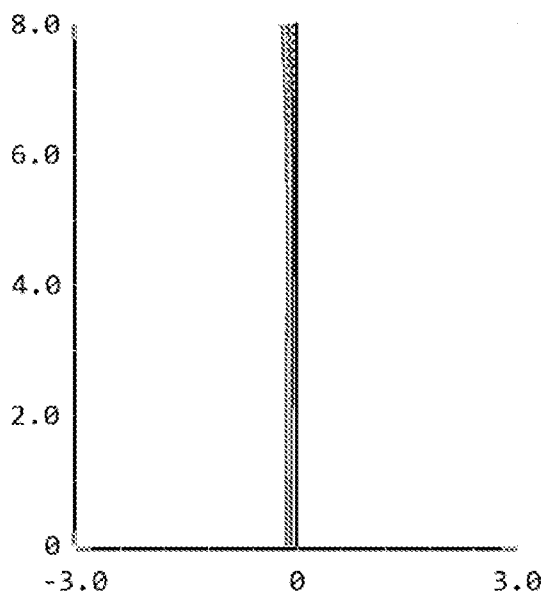


图 10a

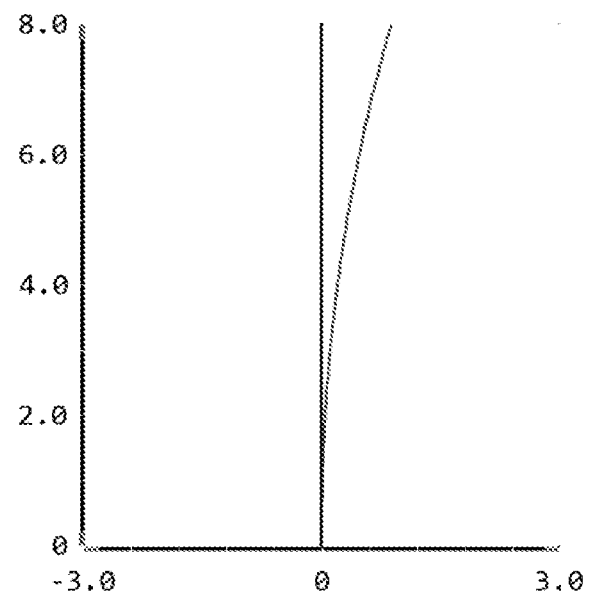


图 10b

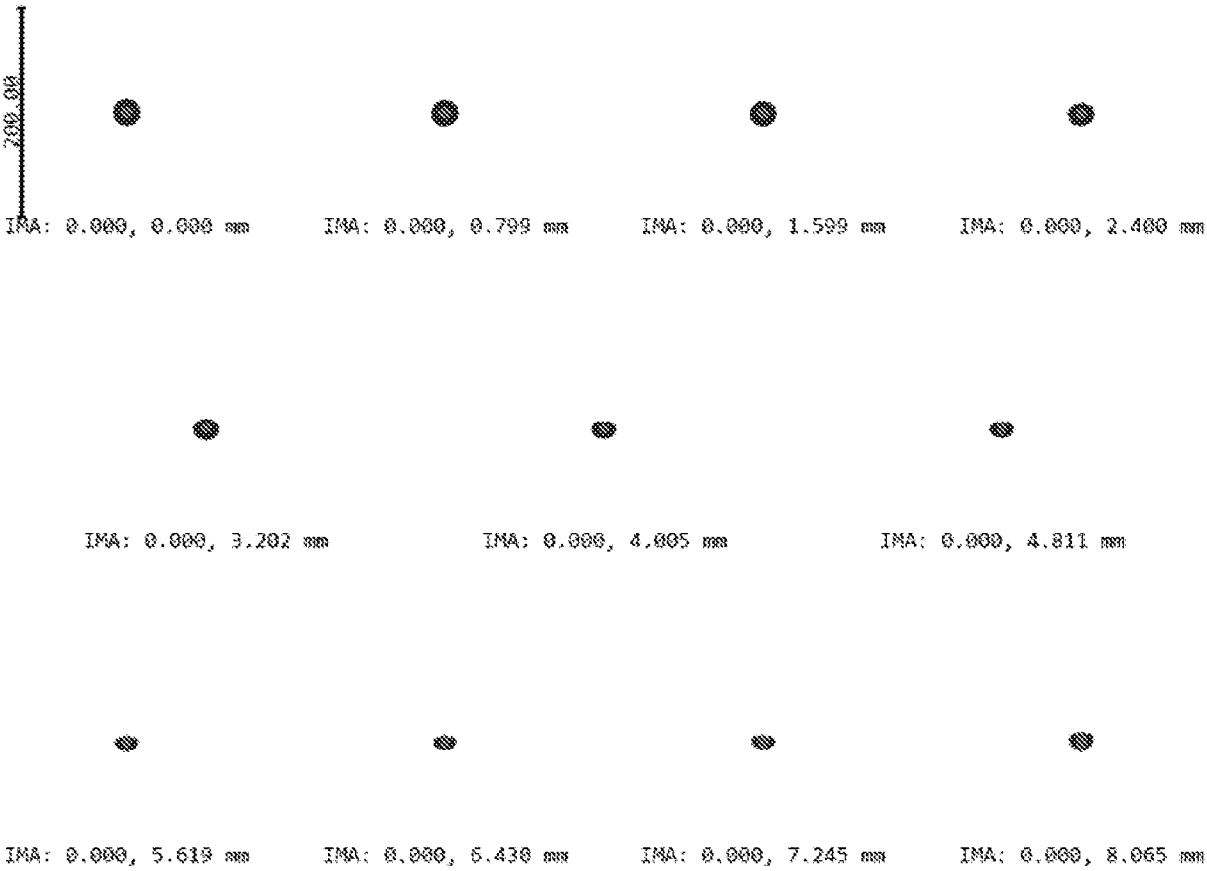


图 11

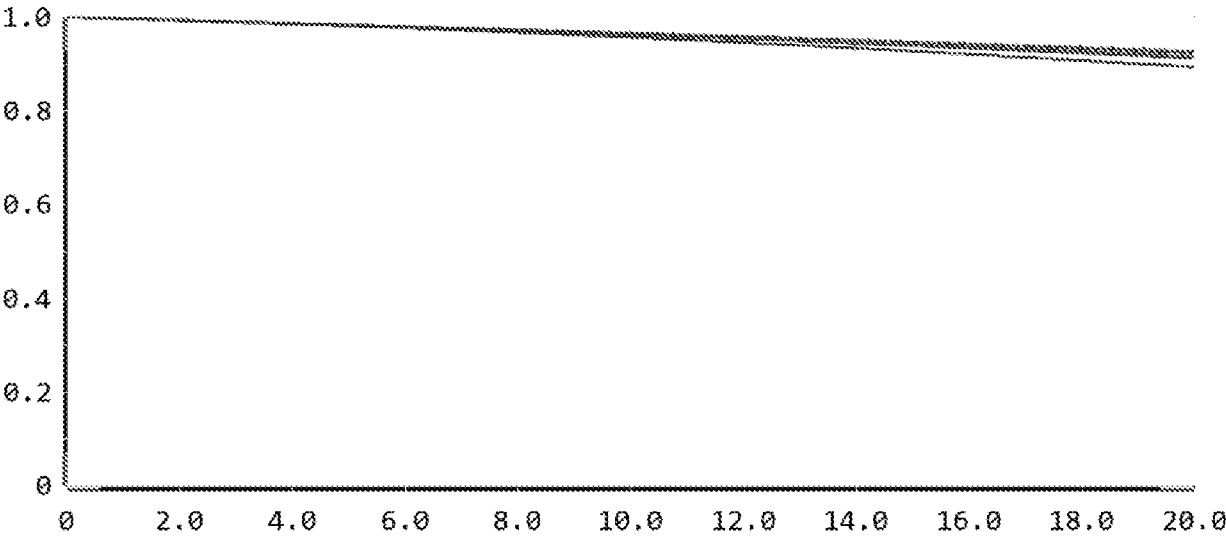


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/142550

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 27/01(2006.01)i; G02B 25/00(2006.01)i; G02B 27/10(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: 目镜, 混合现实, 增强现实, 第二, 第2, 第三, 第3, 正, "+", 负, "-", 透镜, 镜片, 棱镜, 分光, 分束, 合束, 合光, 重, 叠, 迭, 透反射, 半透, 半反, 透射反射, 反射透射, AR, MR, ocular+, eye, lens+, piec+, second, 2nd, third, 3rd, positiv+, negativ+, prism+, mirror+, split+, combin+, reflect+, half+, superpos+, stack+, superimpos+, overlap+, coincid+, compound+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
L	CN 112666712 A (SHENZHEN NED OPTICS CO., LTD.) 16 April 2021 (2021-04-16) claims 1-15	1-15
L	CN 213934406 U (SHENZHEN NED OPTICS CO., LTD.) 10 August 2021 (2021-08-10) claims 1-15	1-15
A	CN 106338830 A (SUPERD CO., LTD.) 18 January 2017 (2017-01-18) description, paragraphs 42-76, and figures 1-5	1-15
A	CN 106338831 A (SUPERD CO., LTD.) 18 January 2017 (2017-01-18) entire document	1-15
A	CN 111474723 A (OPPO GUANGDONG MOBILE COMMUNICATIONS CO., LTD.) 31 July 2020 (2020-07-31) entire document	1-15
A	CN 109188692 A (GEER INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 11 January 2019 (2019-01-11) entire document	1-15



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

22 September 2021

Date of mailing of the international search report

12 October 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/142550

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 8149403 B2 (OLYMPUS CORP.) 03 April 2012 (2012-04-03) entire document	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/142550

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112666712	A	16 April 2021	None			
CN	213934406	U	10 August 2021	None			
CN	106338830	A	18 January 2017	None			
CN	106338831	A	18 January 2017	None			
CN	111474723	A	31 July 2020	None			
CN	109188692	A	11 January 2019	None			
US	8149403	B2	03 April 2012	US	2009213376	A1	27 August 2009
				JP	2009198903	A	03 September 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/142550

A. 主题的分类

G02B 27/01(2006.01)i; G02B 25/00(2006.01)i; G02B 27/10(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: 目镜, 混合现实, 增强现实, 第二, 第2, 第三, 第3, 正, "+", 负, "-", 透镜, 镜片, 棱镜, 分光, 分束, 合束, 合光, 重, 叠, 迭, 透反射, 半透, 半反, 透射反射, 反射透射, AR, MR, ocular+, eye, lens+, piec+, second, 2nd, third, 3rd, positiv+, negativ+, prism+, mirror+, split+, combin+, reflect+, half+, superpos+, stack+, superimpos+, overlap+, coincid+, compound+

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
L	CN 112666712 A (深圳纳德光学有限公司) 2021年 4月 16日 (2021 - 04 - 16) 权利要求1-15	1-15
L	CN 213934406 U (深圳纳德光学有限公司) 2021年 8月 10日 (2021 - 08 - 10) 权利要求1-15	1-15
A	CN 106338830 A (深圳超多维科技有限公司) 2017年 1月 18日 (2017 - 01 - 18) 说明书第42-76段, 图1-5	1-15
A	CN 106338831 A (深圳超多维科技有限公司) 2017年 1月 18日 (2017 - 01 - 18) 全文	1-15
A	CN 111474723 A (OPPO广东移动通信有限公司) 2020年 7月 31日 (2020 - 07 - 31) 全文	1-15
A	CN 109188692 A (歌尔智能科技有限公司) 2019年 1月 11日 (2019 - 01 - 11) 全文	1-15
A	US 8149403 B2 (OLYMPUS CORP) 2012年 4月 3日 (2012 - 04 - 03) 全文	1-15

☐ 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

2021年 9月 22日

国际检索报告邮寄日期

2021年 10月 12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

陈亚娟

电话号码 (86-10) 62085757

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/142550

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	112666712	A	2021年 4月 16日	无	
CN	213934406	U	2021年 8月 10日	无	
CN	106338830	A	2017年 1月 18日	无	
CN	106338831	A	2017年 1月 18日	无	
CN	111474723	A	2020年 7月 31日	无	
CN	109188692	A	2019年 1月 11日	无	
US	8149403	B2	2012年 4月 3日	US 2009213376 A1	2009年 8月 27日
				JP 2009198903 A	2009年 9月 3日