



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101726856 B

(45) 授权公告日 2012.06.06

(21) 申请号 200910251432.9

(22) 申请日 2009.12.18

(73) 专利权人 中航华东光电有限公司

地址 241000 安徽省芜湖市弋江区城南高新技术开发区华夏科技园

(72) 发明人 吴华夏 杨新军

(74) 专利代理机构 芜湖安汇知识产权代理有限公司 34107

代理人 徐晖

(51) Int. Cl.

G02B 27/00 (2006.01)

G02B 27/01 (2006.01)

(56) 对比文件

US 3940204 A, 1976.02.24, 全文.

Xin-Jun Yang, et al.. Hybrid

diffractive-refractive 67-diagonal field of view optical see-through head-mounted display. 《Optik》.2005, 第116卷(第7期), 351-355.

审查员 杨婷

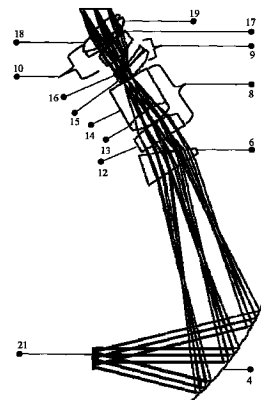
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

机载护目镜型头盔显示器光学系统

(57) 摘要

本发明机载护目镜型头盔显示器光学系统提供一种大视场光学显示系统,该光学显示系统沿光轴方向依次包括:图像源、中继透镜组件、棱镜组件,和凹面反射镜,其中凹面反射镜接收和反射来自棱镜组件的图像源的图像光线,该凹面反射镜相对于图像源存在一个弯曲角,使得反射像中生成非对称像差,其中所述弯曲角定义为光轴与凹面反射镜内表面各点法线之间的夹角;所述中继透镜组件由前组、中间组和后组三组组成,其中每一组分别由多个透镜组成;在光轴方向上,前组靠近所述棱镜组件,后组靠近所述图像源,中间组位于前组和后组之间;前组、中间组和后组三组透镜可分别作为一个整体平移和旋转,使前组、中间组和后组三组透镜局域轴彼此存在一个交角,从而补偿光学显示系统的非对称像差。



1. 一种大视场光学显示系统,该光学显示系统工作在可见波长范围内,沿光轴方向依次包括:

图像源,其产生图像光线;

中继透镜组件,用于将图像源产生的图像光线传输至棱镜组件;

棱镜组件,用于偏转来自中继透镜组件的图像光线的传播方向;

凹面反射镜,接收和反射来自棱镜组件的图像源的图像光线,该凹面反射镜相对于图像源存在一个弯曲角,使得反射像中生成非对称像差,其中所述弯曲角定义为光轴与凹面反射镜内表面各点法线之间的夹角;

其特征在于:所述中继透镜组件由前组、中间组和后组三组组成,其中每一组分别由多个透镜组成;

所述非对称像差包括双节点像散和彗差,通过前组、中间组和后组三组透镜的偏心和倾斜放置而对其进行补偿;

在光轴方向上,前组靠近所述棱镜组件,后组靠近所述图像源,中间组位于前组和后组之间,包括一个非球面透镜,用于校正光瞳球差,以增大光瞳像直径,所述前组和后组透镜都有正的光焦度;

中继光学透镜组件的前组和后组中包括用于补偿光学显示系统色差的双胶合透镜;

前组、中间组和后组三组透镜可分别作为一个整体平移和旋转,使前组、中间组和后组三组透镜局域轴彼此存在一个交角,从而补偿光学显示系统的非对称像差。

2. 一种机载护目镜型头盔光学显示系统,该光学显示系统工作在可见波长范围内,沿光轴方向依次包括:

图像源,该图像源固定于机载头盔的侧上方并生成图像光线;

中继透镜组件,用于将图像源产生的图像光线传输至棱镜组件;

棱镜组件,用于偏转来自中继透镜组件的图像光线的传播方向;

作为机载头盔一部分的护目镜,在该护目镜内表面上镀半透半反膜形成凹面反射镜,以接收和反射来自棱镜组件的图像源的图像光线,该凹面反射镜相对于图像源存在一个弯曲角,使得反射像中生成非对称像差,其中所述弯曲角定义为光轴与凹面反射镜内表面各点法线之间的夹角;

其特征在于:所述中继透镜组件由前组、中间组和后组三组组成,其中每一组分别由多个透镜组成;在光轴方向上,前组靠近所述棱镜组件,后组靠近所述图像源,中间组位于前组和后组之间,包括一个非球面透镜,用于校正光瞳球差,以增大光瞳像直径,所述前组和后组透镜都有正的光焦度;

所述非对称像差包括双节点像散和彗差,通过前组、中间组和后组三组透镜的偏心和倾斜放置而对其进行补偿;

中继光学透镜组件的前组和后组中包括用于补偿光学显示系统色差的双胶合透镜;

前组、中间组和后组三组透镜可分别作为一个整体平移和旋转,使前组、中间组和后组三组透镜局域轴彼此存在一个交角,从而补偿光学显示系统的非对称像差。

机载护目镜型头盔显示器光学系统

技术领域

[0001] 本发明涉及折反式离轴成像系统非对称像差校正领域,特别是机载护目镜型头盔显示器光学系统消除像差、提高像质的光学技术。

背景技术

[0002] 机载护目镜型头盔显示器将必要的飞行参数信息和瞄准信息投影到飞行员前面的护目镜上,使飞行员能同时看到护目镜反射的信息和周围环境。已经公开的典型相关专利有 U. S. Pat. No. 3940204,专利中的护目镜型头盔显示器采用 CRT 作图像源,CRT 固定于头盔的一侧,CRT 显示的图像首先由中继光学组件向前传输,然后通过棱镜组件转向并投射到曲面形护目镜上,投射光线与护目镜各点的垂直线之间存在一个较大的夹角,这个角范围通常有 55° - 60° ,从而在护目镜反射像中产生了明显的非对称像差。

[0003] 这种非对称像差非常复杂,通过矢量像差理论分析发现,像差中主要包括:双节点像散和彗差,彗差又分为与视场成线性关系的成分及在整个视场数值固定不变的成分;像散也分为与视场成二次及线性关系的成分,以及在整个视场固定不变的成分。

[0004] 之前,有人提出在 CRT 和飞行头盔护目镜之间引入倾斜与偏心的光学元件构成中继光学透镜组件,通过光学元件倾斜或偏心产生的像差来抵消护目镜投影显示的非对称像差,同时调整 CRT 的倾角作为补偿。后来又把飞行头盔护目镜反射面设计成全息衍射面,一个非对称波前被记录在全息衍射面中,以此来进一步校正护目镜投影显示的非对称像差。不过像差校正效果并没有完全成功,仍有明显的剩余像差存在,另一方面随着宽波段小型平板显示器的引入头盔显示系统中,全息衍射型护目镜已经成为设计宽波段头盔显示器的最大障碍。但是利用传统护目镜代替全息衍射型护目镜又会使非对称像差和色差校正困难。另一种减小非对称像差的办法是在飞行员眼面放一个分束镜,改变投射到护目镜上的光线方向,因此减小了投射光线与护目镜各点垂直线之间的夹角,从而减小了非对称像差。但这种结构的一个主要问题是飞行员眼前的分束镜明显减小了机载头盔显示器的眼点距,限制了这种结构的应用。

发明内容

[0005] 本发明提供一种先进的机载头盔护目镜型光学显示系统,它具有更大的视场和更宽的波段范围,同时像差小,成像质量高。

[0006] 本发明提供一种大视场光学显示系统,该光学显示系统沿光轴方向依次包括:图像源,其产生图像光线;中继透镜组件,用于将图像源产生的图像光线传输至棱镜组件;棱镜组件,用于偏转来自中继透镜组件的图像光线的传播方向;凹面反射镜,接收和反射来自棱镜组件的图像源的图像光线,该凹面反射镜相对于图像源存在一个弯曲角,使得反射像中生成非对称像差,其中所述弯曲角定义为光轴与凹面反射镜内表面各点法线之间的夹角;所述中继透镜组件由前组、中间组和后组三组组成,其中每一组分别由多个透镜组成;在光轴方向上,前组靠近所述棱镜组件,后组靠近所述图像源,中间组位于前组和后组之

间；前组、中间组和后组三组透镜可分别作为一个整体平移和旋转，使前组、中间组和后组三组透镜局域轴彼此存在一个交角，从而补偿光学显示系统的非对称像差。

[0007] 根据本发明一方面，所述前组和后组透镜都有正的光焦度。

[0008] 根据本发明一方面，所述非对称像差包括双节点像散和彗差，通过前组、中间组和后组三组透镜的偏心和倾斜放置而对其进行补偿。

[0009] 根据本发明一方面，该光学显示系统工作在可见波长范围内。

[0010] 根据本发明一方面，所述中继光学透镜组件的前组和后组中包括用于补偿光学显示系统色差的双胶合透镜。

[0011] 根据本发明一方面，所述中继光学透镜组件的中间组中包括一个非球面透镜，用于校正光瞳球差，以增大光瞳像直径。

[0012] 本发明还是一种机载护目镜型头盔光学显示系统，包括：图像源，该图像源固定于机载头盔的侧上方并生成图像光线；中继透镜组件，用于将图像源产生的图像光线传输至棱镜组件；棱镜组件，用于偏转来自中继透镜组件的图像光线的传播方向；作为机载头盔一部分的护目镜，在该护目镜内表面形成凹面反射镜，以接收和反射来自棱镜组件的图像源的图像光线，该凹面反射镜相对于图像源存在一个弯曲角，使得反射像中生成非对称像差，其中所述弯曲角定义为光轴与凹面反射镜内表面各点法线之间的夹角；所述中继透镜组件由前组、中间组和后组三组组成，其中每一组分别由多个透镜组成；在光轴方向上，前组靠近所述棱镜组件，后组靠近所述图像源，中间组位于前组和后组之间；前组、中间组和后组三组透镜可分别作为一个整体平移和旋转，使前组、中间组和后组三组透镜局域轴彼此存在一个交角，从而补偿光学显示系统的非对称像差。

[0013] 根据本发明一方面，通过在所述护目镜内表面上镀半透半反膜的方式形成凹面反射镜。

[0014] 根据本发明一方面，其中该光学显示系统工作在可见波长范围内。

[0015] 通过将中继光学透镜组件分成前组、中间组和后组，三组光学透镜相互独立地倾斜和偏心，产生双节点像散及彗差，来抵消护目镜型光学成像系统的对应像差。三个组中相互独立的中继透镜组件大大增加了有效补偿非对称像差的自由度，可补偿所有三个双节点像散和两个彗差成分。

[0016] 本发明的具体装置中，前组中继透镜组件具有正的光焦度，并将头盔佩戴者瞳孔成像在中间组两个透镜之间，有效减小了整个光学系统的口径，前组又称准直透镜组；中间组中继透镜组件又称光瞳组，包括一个非球面透镜通过校正光瞳球差和彗差，可有效增大光瞳直径；后组中继透镜组件同样具有正的光焦度，它将图像源生成的图像进行准直处理，给佩戴者提供一个明显的远场像，后组中继透镜组件就相当于一个数值孔径较大的目镜。

[0017] 使用一个传统的曲面护目镜代替了全息衍射反射镜，以增大头盔护目镜型光学显示系统的波段宽度，实际上基本包括了整个可见光波段。为了校正由此带来的色差，在前组和后组中继透镜组件中都插入了双胶合透镜，另外后组中的正光焦度透镜置于两个双胶合透镜之间，为的是进一步减小后组中继透镜组件的口径，扩大瞳孔像的直径。再有在图像源和后组中继透镜组件之间引入了一个透镜，该透镜与图像源胶合在一起，目的是校正整个光学系统的场曲，同时提高图像源的光能利用率。

[0018] 本发明的技术优点在于视场大、波段宽、像质好，尤其重要的是满足机载护目镜型

头盔显示器对光学系统的要求。下面将结合附图进行详细描述。

附图说明

[0019] 图 1 为本发明带有护目镜型头盔显示系统的机载头盔顶视图；

[0020] 图 2 为本发明带有护目镜型头盔显示系统的机载头盔前视图；

[0021] 图 3 为本发明护目镜型头盔显示光学系统的结构图；

具体实施方式

[0022] 本发明依据机载飞行员用头盔显示进行描述,但是本发明能应用于其它许多方面,如“虚拟现实”显示系统,复杂结构分析与设计系统等。

[0023] 图 1 和图 2 显示了本发明应用于飞行员头盔显示时,头盔 1、护目镜 2 和本发明的中继光学透镜组件 3 的装配关系。飞行员信息显示画面由微型有机发光二极管 (OLED) 显示器 5 生成,微型 OLED 装在头盔的侧上方,通过棱镜组件 6 对光线进行偏转,实现将生成的信息显示画面投影在护目镜内表面上,反射进飞行员眼睛,使飞行员看到微型 OLED 提供的信息显示画面,同时飞行员透过护目镜看到周围环境,如箭头 7 所指。中继光学透镜部分包括前组 8、中间组 9 和后组 10 被安装在微型 OLED 显示屏 11 和护目镜 (2) 之间。图 1 和图 2 给出了护目镜型头盔显示光学系统的简图,光学系统更详细的描述在下面接合图 3 给出。

[0024] 本发明的透镜布置如图 3 所示,中继光学透镜组件的前组包括正透镜 13 和负透镜 14 组成双胶合镜,用来补偿宽波段带来的色差,以及正透镜 12 ;中间组由非球面透镜 15 与透镜 16 构成 ;后组包括由正透镜 18 和负透镜 19 组成的双胶合镜,同样用来校正色差,以及正透镜 17 ;棱镜组件 6 用于偏转光线,满足投影显示的要求。表 1 给出了图 3 光学系统的构造数据,表中透镜表面曲率半径的单位取 mm,正数表示凹曲面,负数表示凸曲面 ;透镜厚度表示透镜前后面中心间距,以 mm 为单位 ;透镜材料的折射率和阿贝数采用传统的六个数字中间用点分开的表示法,如 XXX. YYY,前面三个数字表示折射率,大小为 1. XXX ;后面三个数字表示阿贝数,大小为 YY. Y ;透镜的前表面用字母 F 表示,后表面用字母 R 表示。护目镜的曲率半径为 101. 2mm,与前组中的正透镜 12 的前表面相距 90. 6mm ;微型 OLED 显示屏到后组中正透镜 18 的距离为 5mm。

[0025] 表 1 本发明特定头盔显示光学系统的数据表

[0026]

透镜面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	材料
6f	∞	25	516. 641
6r	∞	2. 1	AIR
12f	-98. 55	-18. 2	487. 701
12r	75. 62	-4. 2	AIR
13f	-80. 48	-15. 1	659. 573

13r/14f	61.47	-11.9	755.275
14r	-76.87	-9.6	AIR
15f	-60.27	-13.2	753.376
15r	62.75	-5.6	AIR
16f	38.5	-2.2	662.354
16r	296.8	-1.2	AIR
17f	210.65	11.1	659.573
17r	-100.89	0.5	AIR
19f	57.76	12.5	602.620
19r/18f	-42.68	11.9	755.275
18r	809.61	8.2	AIR

[0027] 本发明采用传统的反射型护目镜,而非全息衍射型护目镜,可以满足宽波段微型 OLED 显示器的显示要求;同时头盔显示光学系统透视显示能力通过在护目镜内表面镀半透半反膜实现。

[0028] 头盔显示光学系统的光轴 20 定义为以中心视场主光线从微型 OLED 显示屏到护目镜的光路,光轴与护目镜各点法线之间的夹角称为弯曲角 θ ,可以看出随着护目镜位置的不同,弯曲角大小发生改变,通常情况变化范围 55° - 60° 之间。正是由于护目镜对于入射光线非对称的弯曲角,导致了复杂的非对称像差,包括与视场成二次或线性关系的像散和数值固定不变像散,以及与视场成线性关系的彗差和数值固定不变彗差等。

[0029] 本发明的一个重要特征是中继光学透镜组件分为前组、中间组和后组的三组透镜结构,前组将人眼瞳孔成像光瞳组中间,有效降低了整个光学系统的口径,相当于一个望远镜;中间组对光瞳球差和彗差进行校正,对增大瞳孔直径非常有效;后组中继来自光瞳组的光线到微型 OLED 显示屏,起目镜作用。前组、中间组和后组可以一起或单独相对于光轴进行横向位移,使中继光学透镜组件中心偏离整个系统光轴;同时前组、中间组和后组也可以一起或单独相对于光轴进行倾斜偏转,使前组、中间组和后组透镜各自局域轴彼此,及与整个光学系统光轴不在平行。

[0030] 总之,这种结构大大增加了整个光学系统的自由度,能有效校正非对称像差;同时将工作带宽扩展到可见光范围,视在视场角增大到 30° (水平) \times 30° (垂直),即圆锥视场 42.42 度。

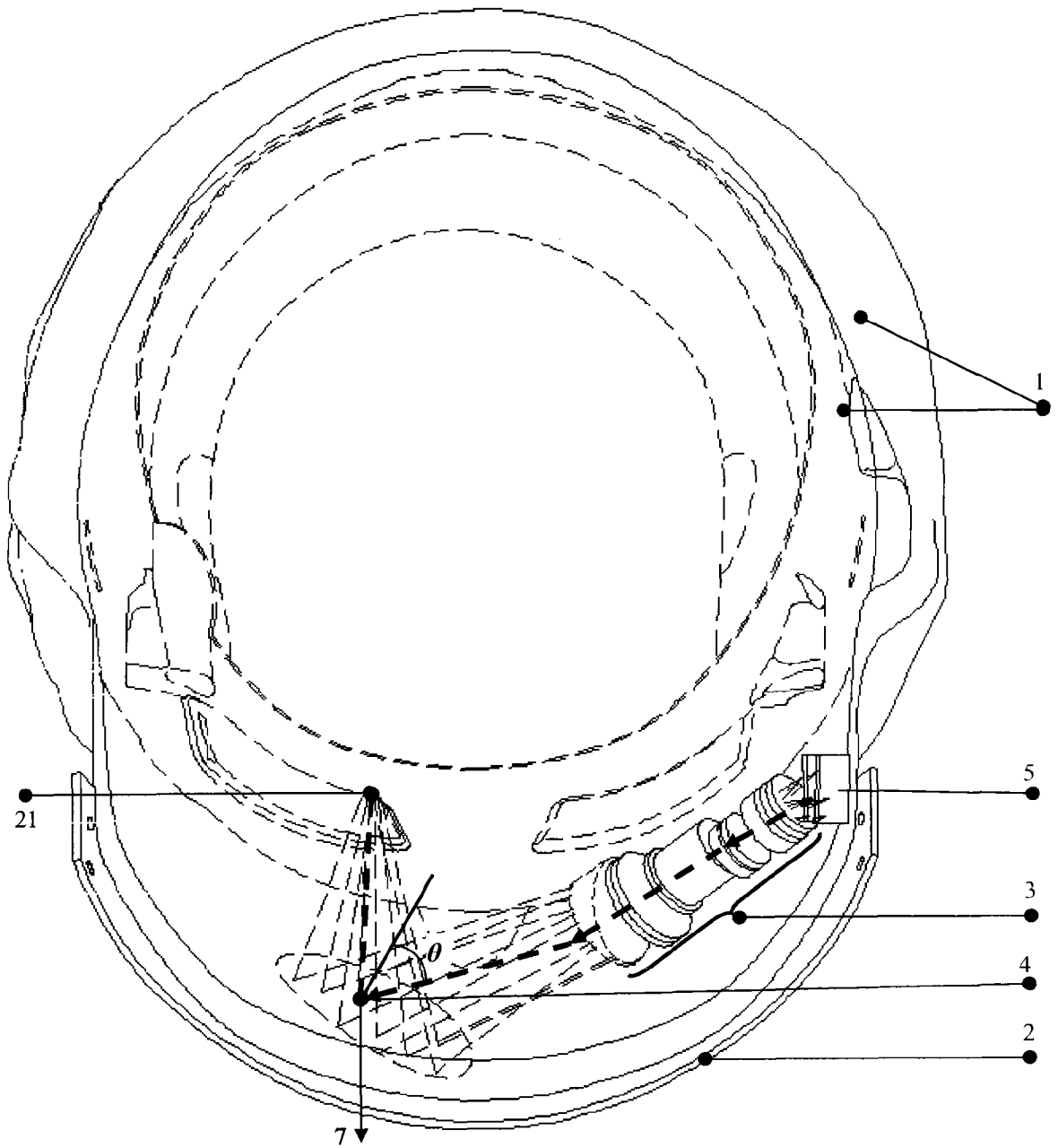


图 1

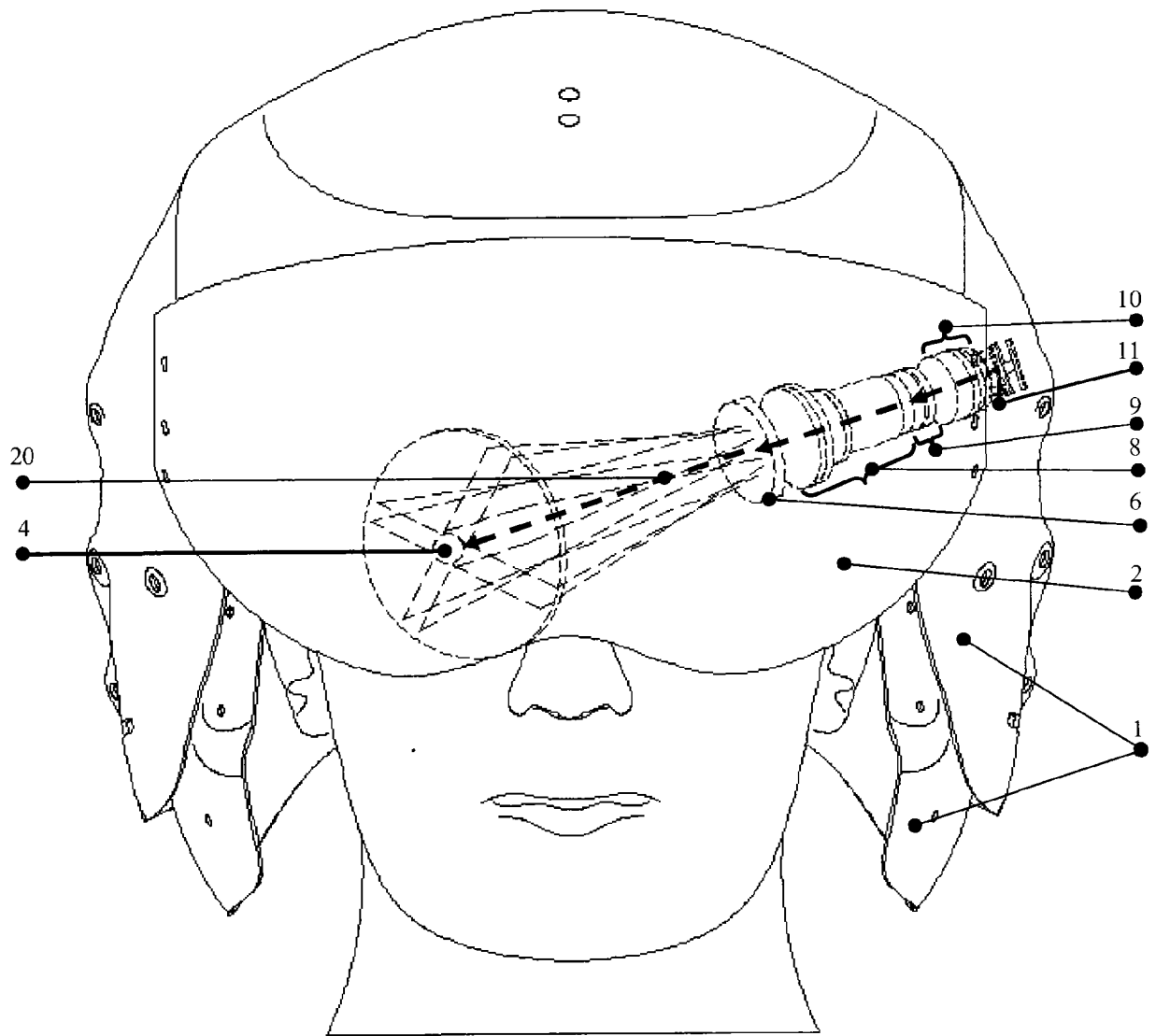


图 2

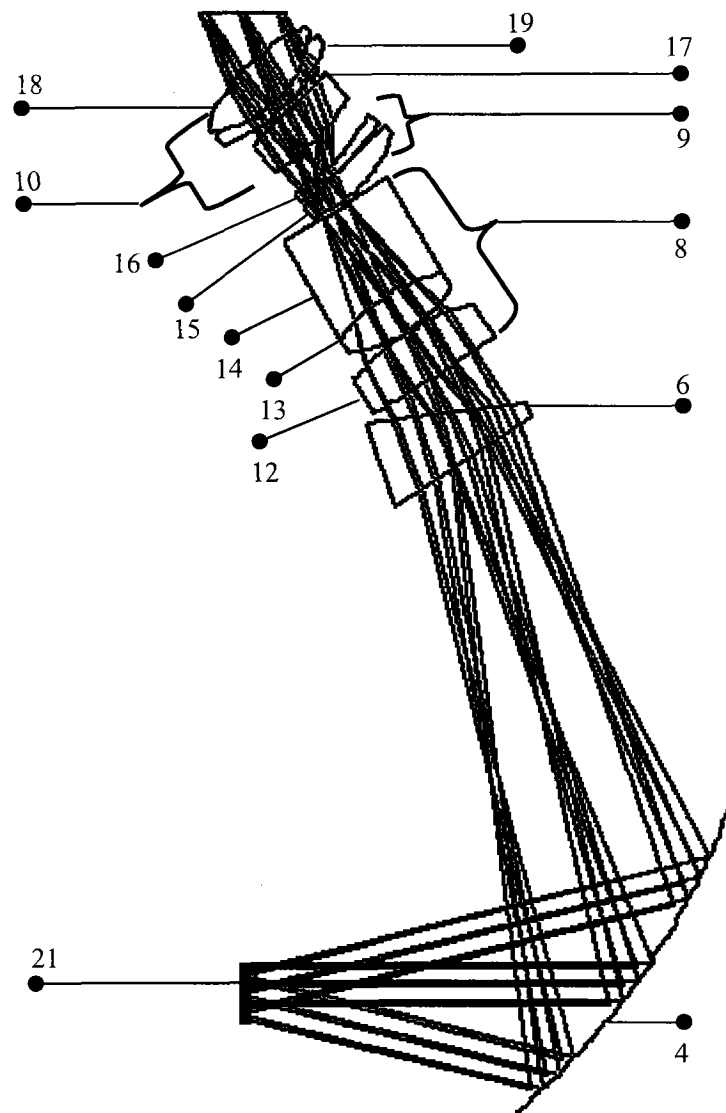


图 3