



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111897094 A

(43) 申请公布日 2020.11.06

(21) 申请号 202010801870.4

(22) 申请日 2020.08.11

(71) 申请人 苏州中科全象智能科技有限公司  
地址 215000 江苏省苏州市苏州工业园区  
金鸡湖大道88号E1栋

(72) 发明人 杜向丽 彭思龙 汪雪林 顾庆毅

(74) 专利代理机构 北京精金石知识产权代理有限公司 11470

代理人 杨兰兰

(51) Int. Cl.

G02B 13/00 (2006.01)

G02B 1/00 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

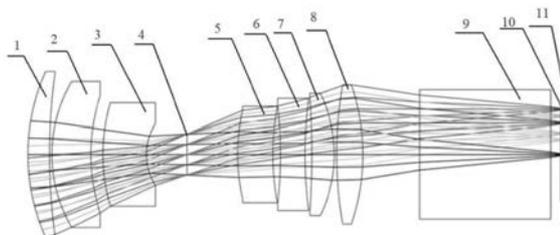
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54) 发明名称

一种高分辨率低畸变投影镜头

(57) 摘要

本发明提供了一种高分辨率低畸变投影镜头,属于光电投影技术领域。该镜头包括第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜、第五透镜、第六透镜以及第七透镜;还包括光阑;沿光轴投影面至像源面依次设置第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜、第五透镜、第六透镜以及第七透镜;第一透镜具有正光焦度;第二透镜具有正光焦度;第三透镜具有负光焦度;第四透镜具有正光焦度;第五透镜具有负光焦度;第六透镜具有正光焦度;第七透镜具有正光焦度,在第三透镜和第四透镜之间设置光阑。本发明的镜头具有合理的正负光焦度,可以设计出工作距离为0-350mm的超高分辨率,小像差,畸变小于0.01%的投影镜头。



1. 一种高分辨率低畸变投影镜头,其特征在于,包括:

第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜、第五透镜、第六透镜以及第七透镜;还包括光阑;

所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的位置关系为:

沿光轴投影面至像源面依次为所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜;所述投影面用于显示投影的图像;所述像源面用于显示待投影图像;

所述第一透镜具有正光焦度;所述第二透镜具有正光焦度;所述第三透镜具有负光焦度;所述第四透镜具有正光焦度;所述第五透镜具有负光焦度;所述第六透镜具有正光焦度;所述第七透镜具有正光焦度。

2. 根据权利要求1所述的高分辨率低畸变投影镜头,其特征在于,所述光阑位于所述第三透镜和所述第四透镜之间。

3. 根据权利要求2所述的高分辨率低畸变投影镜头,其特征在于,所述第一透镜与第二透镜之间空气间隔范围0.2-0.7mm,第二透镜与第三透镜之间空气间隔范围1.2-1.6mm,第三透镜与光阑之间空气间隔范围4.9-5.3mm,光阑与第四透镜之间空气间隔范围6-6.3mm,第四透镜与第五透镜之间空气间隔范围0.9-1.2mm,第五透镜与第六透镜之间空气间隔范围0.7-0.9mm,第六透镜与第七透镜之间空气间隔范围0.2-0.4mm,第七透镜与棱镜之间空气间隔范围6-9mm。

4. 根据权利要求1所述的高分辨率低畸变投影镜头,其特征在于:

所述第一透镜的焦距介于41mm和46mm之间;

所述第二透镜的焦距介于55mm和73mm之间;

所述第三透镜的焦距介于-14mm和-11mm之间;

所述第四透镜的焦距介于115mm和134mm之间;

所述第五透镜的焦距介于-30mm和-26mm之间;

所述第六透镜的焦距介于23mm和28mm之间;

所述第七透镜的焦距介于16mm和21mm之间。

5. 根据权利要求1所述的高分辨率低畸变投影镜头,其特征在于,所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜均为球面透镜。

6. 根据权利要求1所述的高分辨率低畸变投影镜头,其特征在于,所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的镜片均为玻璃镜片。

7. 根据权利要求1所述的高分辨率低畸变投影镜头,其特征在于,所述高分辨率低畸变投影镜头的工作波长介于444nm和465nm之间。

8. 根据权利要求1所述的高分辨率低畸变投影镜头,其特征在于,所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的折射率分别为:1.87、1.876、1.911、1.873、1.826、1.86和1.917。

9. 根据权利要求1所述的高分辨率低畸变投影镜头,其特征在于,所述第一透镜、所述

第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的折射率分别为:1.869、1.861、1.913、1.743、1.863、1.76和1.907。

10. 根据权利要求1所述的高分辨率低畸变投影镜头,其特征在于,所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的折射率分别为:1.856、1.854、1.915、1.69、1.864、1.763和1.91。

## 一种高分辨率低畸变投影镜头

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光电投影技术领域,尤其涉及一种高分辨率低畸变投影镜头。

### 背景技术

[0002] 3D结构光,是近年来立体视觉图像处理应用比较热门的研究方向,它区别于双目立体视觉以及TOF(飞行时间)。3D结构光相机是基于结构光测量法的非接触式测量仪器,主要实现方式为投影设备对被测物体投射带有编码信息的结构光,用摄像装置记录下结构光图像序列,利用特定的算法,得出被测物体的三维数据。由此可见,投影镜头是3D结构光相机的重要组成部分,投影分辨率和畸变都会极大影响三维重建的精度,对于测量和检测的准确性尤其关键。

[0003] 随着3D结构光相机的发展,传统的投影镜头已经不能满足高精度测量及检测等工业需要,传统的投影镜头畸变较大,都在1%左右,对于三维点云重建来说精度偏低,因此需要提供一种高分辨率、低畸变、小像差的镜头,才能满足3D结构光相机用于高精度测量及检测的需求。对这个问题的研究也逐渐成为一个趋势。

[0004] 在中国专利文献CN111239977A中,公开了一种低畸变工业投影镜头,该投影镜头包括包括光阑、具有正光焦度的透镜和具有负光焦度的透镜,沿着光轴从投影侧至显示芯片侧分别设有第一透镜至第九透镜,依次为具有正光焦度的第一透镜,负光焦度的第二透镜,负光焦度的第三透镜,负光焦度的第四透镜,正光焦度的第五透镜,负光焦度的第六透镜,正光焦度的第七透镜,正光焦度的第八透镜,正光焦度的第九透镜;所述光阑位于第三透镜和第四透镜之间。第一透镜的焦距为 $21\text{mm} < f_1 < 28\text{mm}$ ,第二透镜的焦距为 $-51\text{mm} < f_2 < -42\text{mm}$ ,第三透镜的焦距为 $-195\text{mm} < f_3 < -110\text{mm}$ ,第四透镜的焦距为 $-55\text{mm} < f_4 < -32\text{mm}$ ,第五透镜的焦距为 $23\text{mm} < f_5 < 35\text{mm}$ ,第六透镜的焦距为 $-10\text{mm} < f_6 < -6\text{mm}$ ,第七透镜的焦距为 $20\text{mm} < f_7 < 25\text{mm}$ ,第八透镜的焦距为 $14\text{mm} < f_8 < 18\text{mm}$ ,第九透镜的焦距为 $52\text{mm} < f_9 < 63\text{mm}$ 。该方案采用9片式透镜结构,设计相对复杂,成本较高。

[0005] 在中国专利文献CN104991329A中,公开了一种用于工业3D扫描系统的高分辨率投影镜头,主要由光学透镜组、可变光阑组件、棱镜和芯片组成,特征在于:所述光学透镜组从物方到像方依次设有具有正光焦度的第一透镜、具有负光焦度的第二透镜、具有负光焦度的第三透镜、具有负光焦度的第四透镜、具有负光焦度的第五透镜和具有正光焦度的第六透镜组成的胶合透镜、具有正光焦度的第七透镜、具有正光焦度的第八透镜,所述可变光阑组件设于所述第四透镜和所述第五透镜之间,所述棱镜设于所述第八透镜和所述芯片之间;所述第一透镜为双凸透镜,所述第二透镜为凹面朝向像面的弯月形正透镜,所述第三透镜为凹面朝向像面的弯月形负透镜,所述第四透镜为凹面朝向像面的弯月形负透镜,所述第五透镜为双凹透镜,所述第六透镜为双凸透镜,所述第七透镜为双凸透镜,所述第八透镜为双凸透镜;所述第一透镜和第二透镜之间的空气间隔介于0.1mm和1mm之间,所述第二透镜和第三透镜之间的空气间隔介于0.5mm和1.5mm之间,所述第三透镜和第四透镜之间的空气间隔介于2mm和4mm之间,所述第四透镜和可变光阑组件之间的空气间隔介于7mm和9mm之

间,所述可变光阑组件和第五透镜之间的空气间隔介于2mm和4mm之间,所述第六透镜和第七透镜之间的空气间隔介于12mm和14mm之间,所述第七透镜和第八透镜之间的空气间隔介于4mm和6mm之间,所述第八透镜和棱镜之间的空气间隔介于6mm和8mm之间;所述第一透镜的焦距介于35mm和45mm之间,所述第二透镜的焦距介于25mm和35mm之间,所述第三透镜的焦距介于-5mm和-15mm之间,所述第四透镜的焦距介于-25mm和-35mm之间,所述胶合透镜的焦距介于35mm和45mm之间,所述第七透镜的焦距介于55mm和75mm之间,所述第八透镜的焦距介于45mm和55mm之间。该发明畸变高,像差较大,同时采用了双胶合透镜,体积大,成本高。

[0006] 现有技术至少存在以下不足:

[0007] 1.对比文件2的镜头场曲小于0.1mm,精度不够。

[0008] 2.对比文件1的镜头虽然像质非常好,但是镜片数量较多,镜头设计相对复杂,成本也较高。

[0009] 3.对比文件2的镜头像差相对较大,畸变大,光斑尺寸也较大,大于成像DMD像元,会使能量浪费。

### 发明内容

[0010] 为解决现有技术中存在的技术问题,本发明提供了一种高分辨率低畸变投影镜头,包括第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜、第五透镜、第六透镜以及第七透镜;还包括光阑;沿光轴投影面至像源面依次设置第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜、第五透镜、第六透镜以及第七透镜;第一透镜具有正光焦度;第二透镜具有正光焦度;第三透镜具有负光焦度;第四透镜具有正光焦度;第五透镜具有负光焦度;第六透镜具有正光焦度;第七透镜具有正光焦度,在第三透镜和第四透镜之间设置光阑。本发明头具有合理的正负光焦度,可以设计出工作距离(简称WD)为0-350mm的超高分辨率,小像差,畸变小于0.01%的投影镜头。

[0011] 本发明提供了一种高分辨率低畸变投影镜头,包括:

[0012] 第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜、第五透镜、第六透镜以及第七透镜;

[0013] 还包括光阑;

[0014] 所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的位置关系为:

[0015] 沿光轴投影面至像源面依次为所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜;所述投影面用于显示投影的图像;所述像源面用于显示待投影图像;

[0016] 所述第一透镜具有正光焦度;所述第二透镜具有正光焦度;所述第三透镜具有负光焦度;所述第四透镜具有正光焦度;所述第五透镜具有负光焦度;所述第六透镜具有正光焦度;所述第七透镜具有正光焦度。

[0017] 优选地,所述光阑位于所述第三透镜和所述第四透镜之间。

[0018] 优选地,所述第一透镜与第二透镜之间空气间隔范围0.2-0.7mm,第二透镜与第三透镜之间空气间隔范围1.2-1.6mm,第三透镜与光阑之间空气间隔范围4.9-5.3mm,光阑与第四透镜之间空气间隔范围6-6.3mm,第四透镜与第五透镜之间空气间隔范围0.9-1.2mm,

第五透镜与第六透镜之间空气间隔范围0.7-0.9mm,第六透镜与第七透镜之间空气间隔范围0.2-0.4mm,第七透镜与棱镜之间空气间隔范围6-9mm。

[0019] 优选地:

[0020] 所述第一透镜的焦距介于41mm和46mm之间;

[0021] 所述第二透镜的焦距介于55mm和73mm之间;

[0022] 所述第三透镜的焦距介于-14mm和-11mm之间;

[0023] 所述第四透镜的焦距介于115mm和134mm之间;

[0024] 所述第五透镜的焦距介于-30mm和-26mm之间;

[0025] 所述第六透镜的焦距介于23mm和28mm之间;

[0026] 所述第七透镜的焦距介于16mm和21mm之间。

[0027] 优选地,所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜均为球面透镜。

[0028] 优选地,所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的镜片均为玻璃镜片。

[0029] 优选地,所述高分辨率低畸变投影镜头的工作波长介于444nm和465nm之间。

[0030] 优选地,所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的折射率分别为:1.87、1.876、1.911、1.873、1.826、1.86和1.917。

[0031] 优选地,所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的折射率分别为:1.869、1.861、1.913、1.743、1.863、1.76和1.907。

[0032] 优选地,所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的折射率分别为:1.856、1.854、1.915、1.69、1.864、1.763和1.91。

[0033] 与现有技术相对比,本发明的有益效果如下:

[0034] 1. 本发明通过沿光轴投影面至像源面依次设置第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜、第五透镜、第六透镜以及第七透镜;第一透镜具有正光焦度;第二透镜具有正光焦度;第三透镜具有负光焦度;第四透镜具有正光焦度;第五透镜具有负光焦度;第六透镜具有正光焦度;第七透镜具有正光焦度,在第三透镜和第四透镜之间设置光阑,具有合理的正负光焦度,可以设计出工作距离为0-350mm的超高分辨率,小像差,畸变小于0.01%的投影镜头,满足高精度3D测量使用。

[0035] 2. 本发明采用7片球面镜片可以使投影镜头小型化,节约成本。

## 附图说明

[0036] 图1是本发明投影镜头结构图;

[0037] 图2是本发明WD=80mm投影镜头结构图;

[0038] 图3是本发明WD=190mm投影镜头结构图;

[0039] 图4是本发明WD=350mm投影镜头结构图;

[0040] 图5是本发明WD=80mm投影镜头的成像质量MTF曲线图;

- [0041] 图6是本发明WD=80mm投影镜头的场曲图；
- [0042] 图7是本发明WD=80mm投影镜头的畸变曲线图；
- [0043] 图8是本发明WD=80mm投影镜头轴向像差曲线图；
- [0044] 图9是本发明WD=190mm投影镜头的成像质量MTF曲线图；
- [0045] 图10是本发明WD=190mm投影镜头的场曲图；
- [0046] 图11是本发明WD=190mm投影镜头的畸变曲线图；
- [0047] 图12是本发明WD=190mm投影镜头轴向像差曲线图；
- [0048] 图13是本发明WD=350mm投影镜头的成像质量MTF曲线图；
- [0049] 图14是本发明WD=350mm投影镜头的场曲图；
- [0050] 图15是本发明WD=350mm投影镜头的畸变曲线图；
- [0051] 图16是本发明WD=350mm投影镜头轴向像差曲线图；
- [0052] 附图中标记为：1、第一透镜；2、第二透镜；3、第三透镜；4、光阑；5、第四透镜；6、第五透镜；7、第六透镜；8、第七透镜；9、棱镜；10、保护玻璃；11、像源面；12、投影面。

### 具体实施方式

[0053] 下面结合附图1-16,对本发明的具体实施方式作详细的说明。

[0054] 本发明提供了一种高分辨率低畸变投影镜头,包括:

[0055] 第一透镜、第二透镜、第三透镜、第四透镜、第五透镜、第六透镜以及第七透镜;

[0056] 还包括光阑;

[0057] 所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的位置关系为:

[0058] 沿光轴投影面至像源面依次为所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜;所述投影面用于显示投影的图像;所述像源面用于显示待投影图像;

[0059] 所述第一透镜具有正光焦距;所述第二透镜具有正光焦距;所述第三透镜具有负光焦距;所述第四透镜具有正光焦距;所述第五透镜具有负光焦距;所述第六透镜具有正光焦距;所述第七透镜具有正光焦距。

[0060] 所述第一透镜有助于消除球差和轴向色差;所述第二透镜有助于消除球差和彗差,所述第三透镜有助于消除像散,所述第四透镜和所述第五透镜有助于消除场曲和轴向色差,所述第六透镜和所述第七透镜有助于消除场曲和倍率色差。

[0061] 由于该投影镜头具有合理的正负光焦距,所以可以设计出工作距离(以下简称为WD)为0-350mm的超高分辨率、小像差和畸变小于0.01%的投影镜头。

[0062] 作为优选实施方式,所述光阑位于所述第三透镜和所述第四透镜之间,有助于消除像散、畸变和倍率色差。

[0063] 作为优选实施方式,所述第一透镜与第二透镜之间空气间隔范围0.2-0.7mm,第二透镜与第三透镜之间空气间隔范围1.2-1.6mm,第三透镜与光阑之间空气间隔范围4.9-5.3mm,光阑与第四透镜之间空气间隔范围6-6.3mm,第四透镜与第五透镜之间空气间隔范围0.9-1.2mm,第五透镜与第六透镜之间空气间隔范围0.7-0.9mm,第六透镜与第七透镜之间空气间隔范围0.2-0.4mm,第七透镜与棱镜之间空气间隔范围6-9mm。

- [0064] 作为优选实施方式：
- [0065] 所述第一透镜的焦距介于41mm和46mm之间；
- [0066] 所述第二透镜的焦距介于55mm和73mm之间；
- [0067] 所述第三透镜的焦距介于-14mm和-11mm之间；
- [0068] 所述第四透镜的焦距介于115mm和134mm之间；
- [0069] 所述第五透镜的焦距介于-30mm和-26mm之间；
- [0070] 所述第六透镜的焦距介于23mm和28mm之间；
- [0071] 所述第七透镜的焦距介于16mm和21mm之间。
- [0072] 作为优选实施方式，所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜均为球面透镜。
- [0073] 作为优选实施方式，所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的镜片均为玻璃镜片。
- [0074] 作为优选实施方式，所述高分辨率低畸变投影镜头的工作波长介于444nm和465nm之间。
- [0075] 作为优选实施方式，所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的折射率分别为：1.87、1.876、1.911、1.873、1.826、1.86和1.917。
- [0076] 作为优选实施方式，所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的折射率分别为：1.869、1.861、1.913、1.743、1.863、1.76和1.907。
- [0077] 作为优选实施方式，所述第一透镜、所述第二透镜、所述第三透镜、所述第四透镜、所述第五透镜、所述第六透镜以及所述第七透镜的折射率分别为：1.856、1.854、1.915、1.69、1.864、1.763和1.91。
- [0078] 实施例1
- [0079] 根据本发明的一个具体实施方案，结合附图2和附图5-8，对本发明进行详细说明。
- [0080] 利用该7片球面式光焦度结构设计了WD=80mm投影镜头，工作波长 $\lambda=444\text{nm}-465\text{nm}$ ，镜头焦距 $f=27.5\text{mm}$ ， $F/\# = 2.9$ ，详细设计结构如图2，详细设计参数如表(1)。
- [0081] 表(1) WD=80mm投影镜头设计参数

表面序号	曲率半径(mm)	间距(mm)	折射率 Nd	阿贝数 Vd
0		80		
1	28.765	2.272	1.87	49.23
2	112.716	0.229		
3	18.664	4.915	1.876	30
4	25.871	1.266		
5	23.532	5.449	1.911	25.84
6	6.857	5.195		
7	Infinity	6.09		
8	27.029	5.078	1.873	30
9	32.652	1.179		
10	-45.248	0.957	1.826	27.8
11	51.383	0.878		
12	-79.24	2.172	1.86	61.6
13	-16.701	0.296		
14	44.982	3.993	1.917	65
15	-25.219	8.095		
16	Infinity	16	1.63	35.7
17	Infinity	1.25		
18	Infinity	0.65	1.51	62.9
19	Infinity	0.3		

[0082] 其中表面序号为0的为投影面,表面序号为1和2的是第一透镜,表面序号为3和4的是第二透镜,表面序号为5和6的是第三透镜,表面序号为7是光阑,表面序号为8和9的是第四透镜,表面序号为10和11的是第五透镜,表面序号为12和13的是第六透镜,表面序号为14和15的是第七透镜,表面序号为16和17的是棱镜,表面序号为18和19是保护玻璃。表中所示间距为透镜各表面距离上一透镜表面的间距,如果为同一透镜的两个面的间距,则表示透镜的厚度,如果是不同透镜表面的间距则表示透镜之间的距离,表面序号为0一行所示的间距,表示第一面透镜的表面序号为1的表面距离投影面的距离。

[0084] 图5是WD=80mm投影镜头的成像质量MTF曲线图,可见所有视场均接近衍射极限,图6是WD=80mm投影镜头的场曲图,图7是WD=80mm投影镜头的畸变曲线图,可见全视场下场曲小于20 $\mu$ m,畸变小于0.01%,图8是WD=80mm投影镜头轴向像差曲线图,可见全孔径像差小于0.01mm。

[0085] 从上面各图的数据分析可以看出,该投影镜头设计具有全视场超高分辨率成像,小像差,超低畸变的优点。

[0086] 实施例2

[0087] 根据本发明的一个具体实施方案,结合附图3和附图9-12,对本发明进行详细说明。

[0088] 利用该7片球面式光焦度结构设计了WD=190mm投影镜头,工作波长 $\lambda=444\text{nm}-465\text{nm}$ ,镜头焦距 $f=30\text{mm}$ , $F/\# = 3.1$ ,详细设计结构如图3,详细设计参数如表(2)。

[0089] 表(2) WD=190mm投影镜头设计参数

表面序号	曲率半径(mm)	间距(mm)	折射率 Nd	阿贝数 Vd
0		190		
1	25.379	2.637	1.869	69.68
2	74.274	0.298		
3	18.034	4.759	1.861	30
4	22.958	1.519		
5	23.074	5.287	1.913	28.86
6	7.073	4.989		
7	Infinity	6.202		
8	25.030	4.328	1.743	30
9	32.166	0.93		
10	-52.025	2.978	1.863	28.1
11	52.947	0.832		
12	-103.814	2.761	1.76	64.91
13	-17.366	0.302		
14	50.302	3.204	1.907	62.9
15	-27.084	6.974		
16	Infinity	16	1.63	35.7
17	Infinity	1.25		
18	Infinity	0.65	1.51	62.9
19	Infinity	0.3		

[0091] 其中表面序号为0的为投影面,表面序号为1和2的是第一透镜,表面序号为3和4的是第二透镜,表面序号为5和6的是第三透镜,表面序号为7是光阑,表面序号为8和9的是第四透镜,表面序号为10和11的是第五透镜,表面序号为12和13的是第六透镜,表面序号为14和15的是第七透镜,表面序号为16和17的是棱镜,表面序号为18和19是保护玻璃。表中所示间距为透镜各表面距离上一透镜表面的间距,如果为同一透镜的两个面的间距,则表示透镜的厚度,如果是不同透镜表面的间距则表示透镜之间的距离,表面序号为0一行所示的间距,表示第一面透镜的表面序号为1的表面距离投影面的距离。

[0092] 图9是WD=190mm投影镜头的成像质量MTF曲线图,可见整个视场均接近衍射极限,图10是WD=190mm投影镜头的场曲图,图11是WD=190mm投影镜头的畸变曲线图,可见全视场下场曲小于20 $\mu$ m,畸变小于0.01%,图12是WD=190mm投影镜头轴向像差曲线图,可见全孔径像差小于0.008mm。

[0093] 从上面各图的数据分析可以看出,该投影镜头设计具有全视场超高分辨率成像,小像差,超低畸变的优点。

[0094] 实施例3

[0095] 根据本发明的一个具体实施方案,结合附图4和附图13-16,对本发明进行详细说明。

[0096] 利用该7片球面式光焦度结构设计了WD=350mm投影镜头,工作波长 $\lambda=444\text{nm}-465\text{nm}$ ,镜头焦距 $f=28\text{mm}$ , $F/\# = 2.9$ ,详细设计结构如图4,详细设计参数如表(3)。

[0097] 表(3) WD=350mm投影镜头设计参数

表面序号	曲率半径(mm)	间距(mm)	折射率 Nd	阿贝数 Vd
0		350		
1	26.028	2.525	1.856	65.1
2	75.687	0.634		
3	18.685	4.844	1.854	30
4	23.164	1.475		
5	23.592	5.131	1.915	30
6	7.285	5.01		
7	Infinity	6.198		
8	25.313	3.88	1.69	30
9	32.347	0.941		
10	-49.864	3.441	1.864	29.29
11	55.677	0.739		
12	-92.594	2.711	1.763	65
13	-17.489	0.296		
14	48.685	3.204	1.91	65
15	-27.127	6.971		
16	Infinity	16	1.63	35.7
17	Infinity	1.25		
18	Infinity	0.65	1.51	62.9
19	Infinity	0.3		

[0098] 其中表面序号为0的为投影面,表面序号为1和2的是第一透镜,表面序号为3和4的是第二透镜,表面序号为5和6的是第三透镜,表面序号为7是光阑,表面序号为8和9的是第四透镜,表面序号为10和11的是第五透镜,表面序号为12和13的是第六透镜,表面序号为14和15的是第七透镜,表面序号为16和17的是棱镜,表面序号为18和19是保护玻璃。表中所示间距为透镜各表面距离上一透镜表面的间距,如果为同一透镜的两个面的间距,则表示透镜的厚度,如果是不同透镜表面的间距则表示透镜之间的距离,表面序号为0一行所示的间距,表示第一面透镜的表面序号为1的表面距离投影面的距离。

[0100] 图13是WD=350mm投影镜头的成像质量MTF曲线图,可见整个视场均接近衍射极限,图14是WD=350mm投影镜头的场曲图,图15是WD=350mm投影镜头的畸变曲线图,可见全视场下场曲小于20 $\mu$ m,畸变小于0.01%,图16是WD=350mm投影镜头轴向像差曲线图,可见全孔径像差小于0.009mm。

[0101] 从上面各图的数据分析可以看出,该投影镜头设计具有全视场超高分辨率成像,小像差,超低畸变的优点。

[0102] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均包含在本发明的保护范围之内。

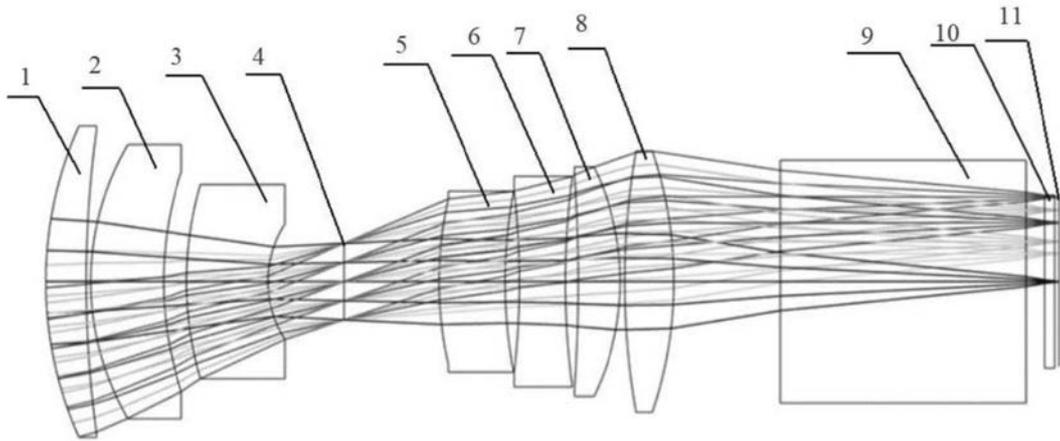


图1

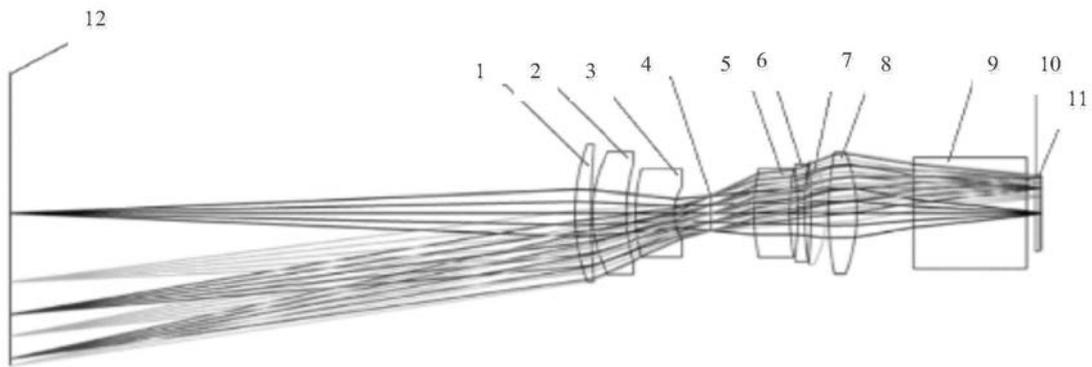


图2

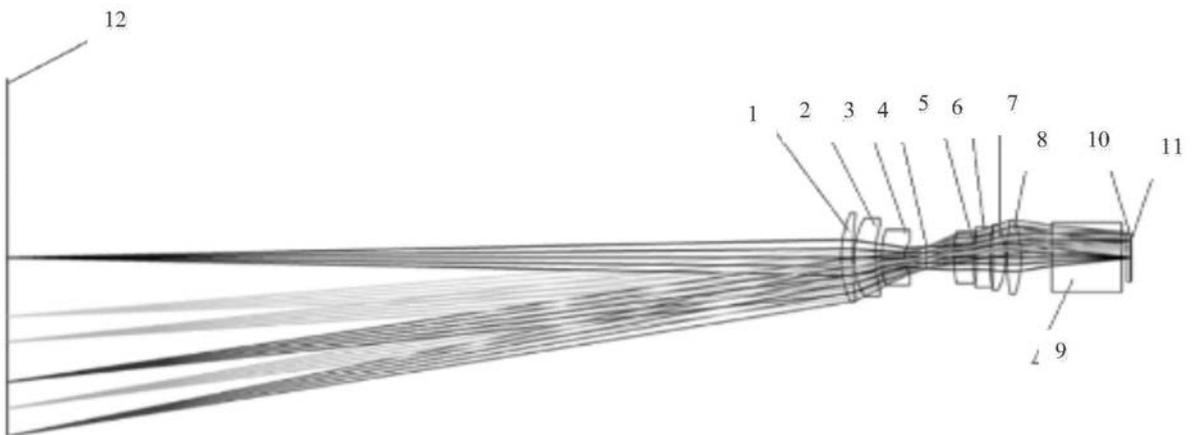


图3

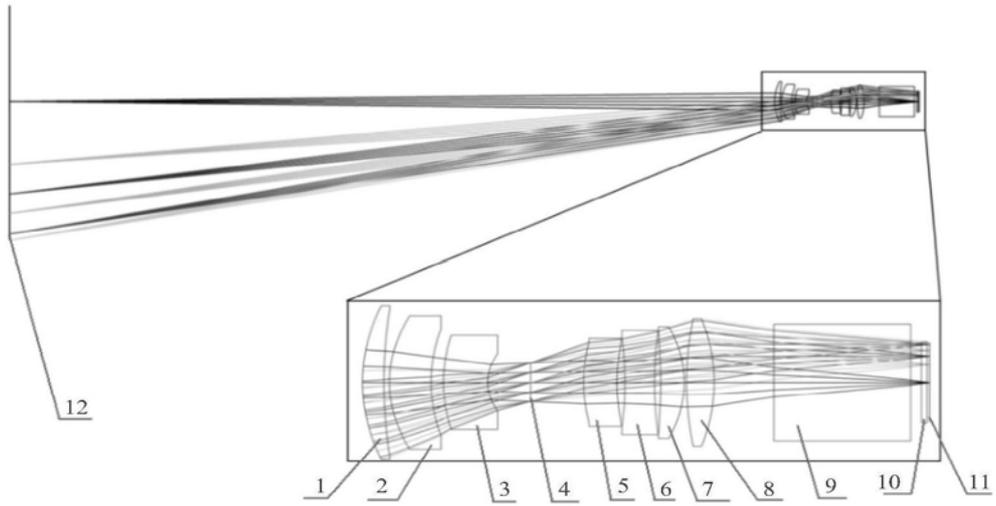


图4

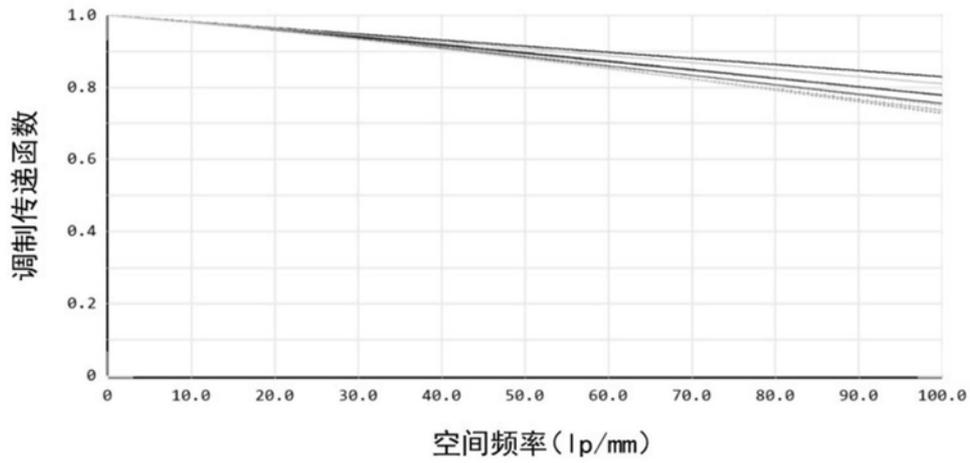


图5

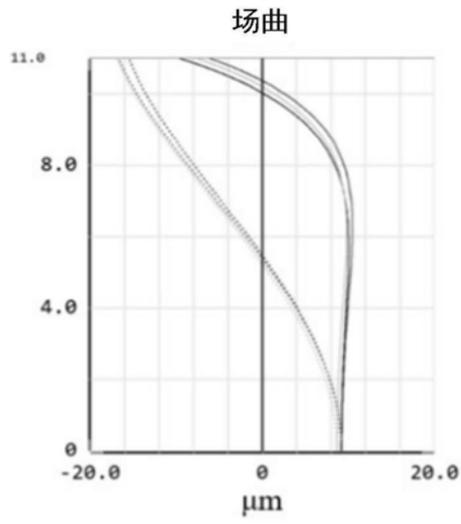


图6

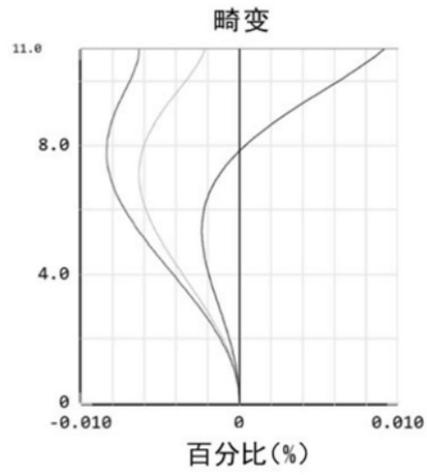


图7

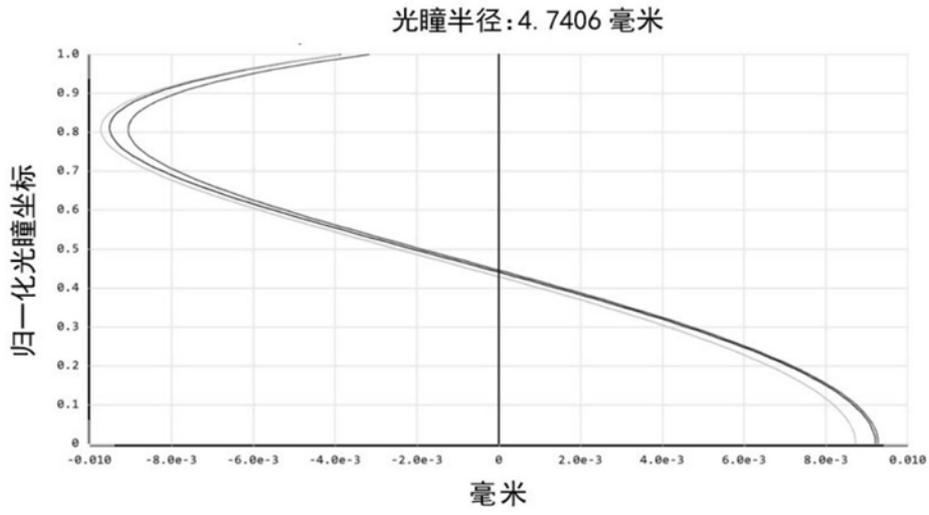


图8

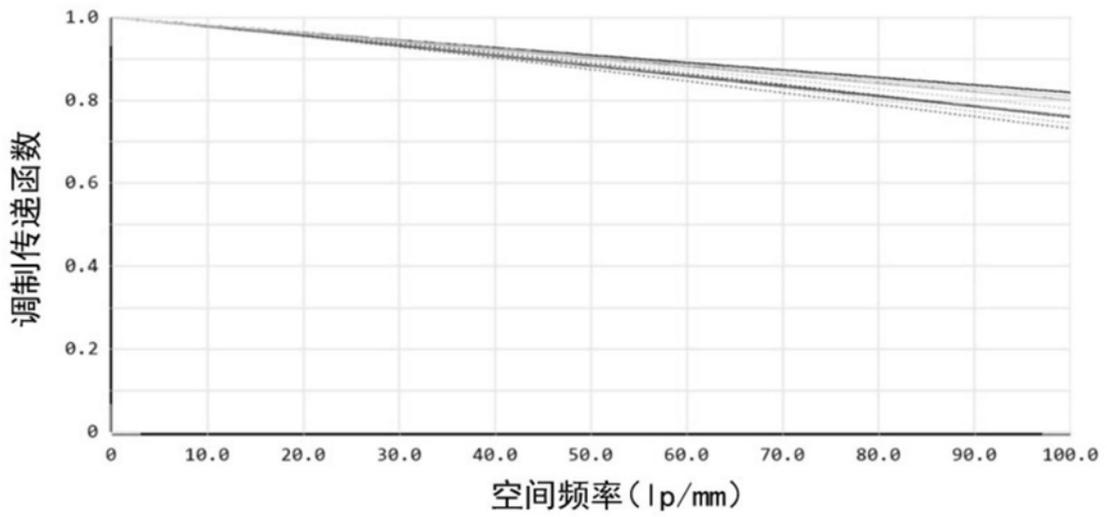


图9

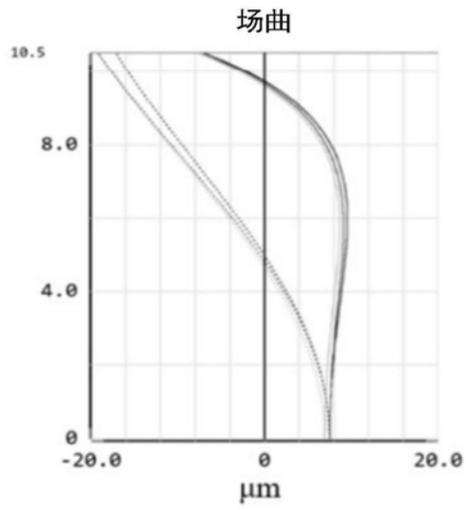


图10

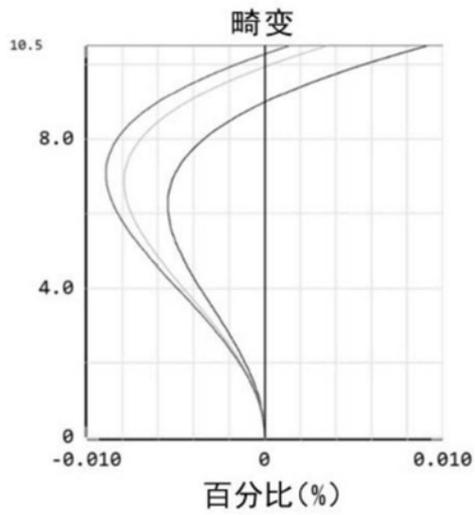


图11

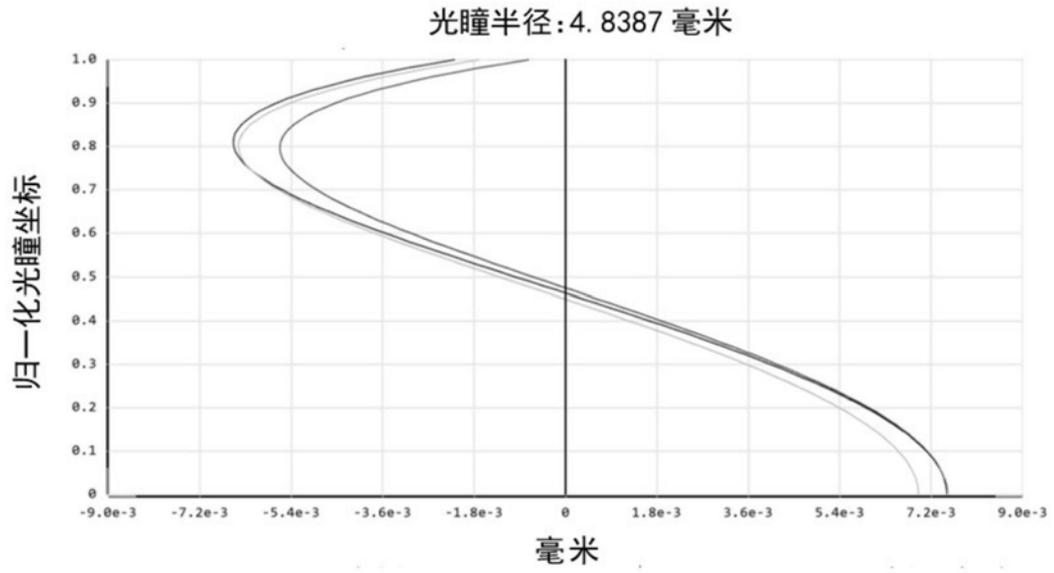


图12

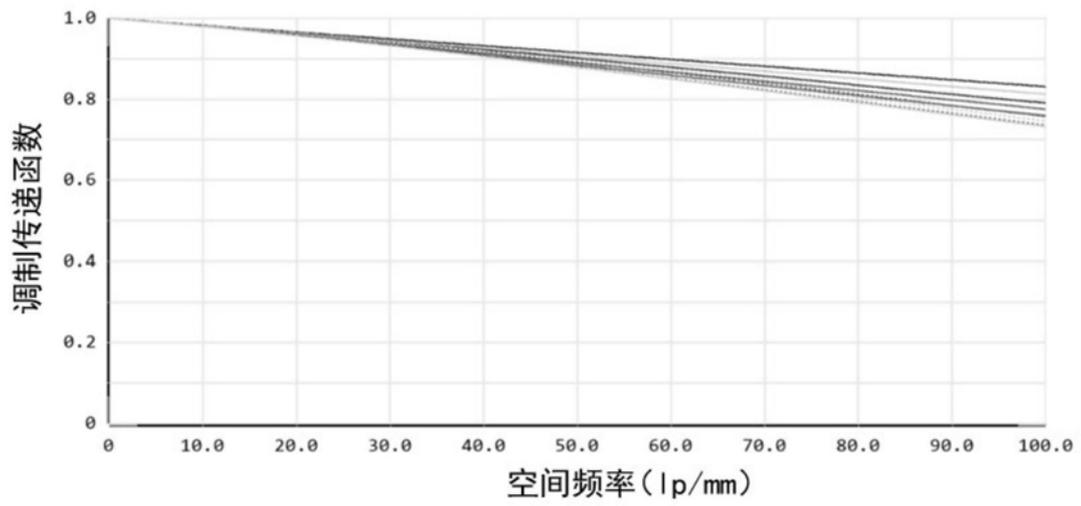


图13

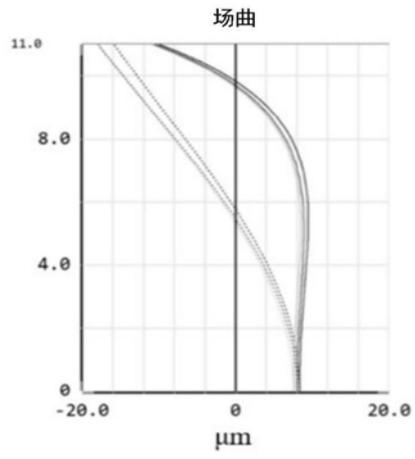


图14

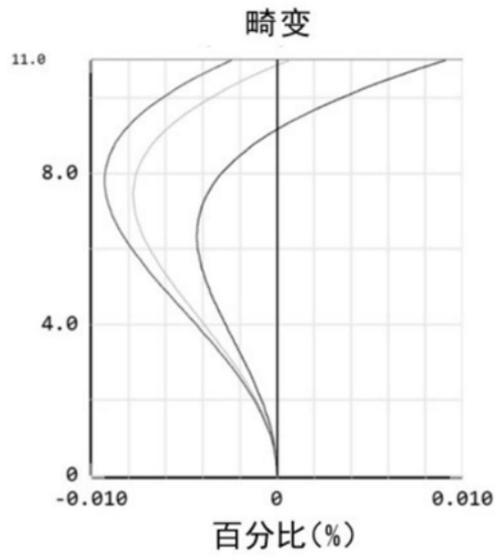


图15

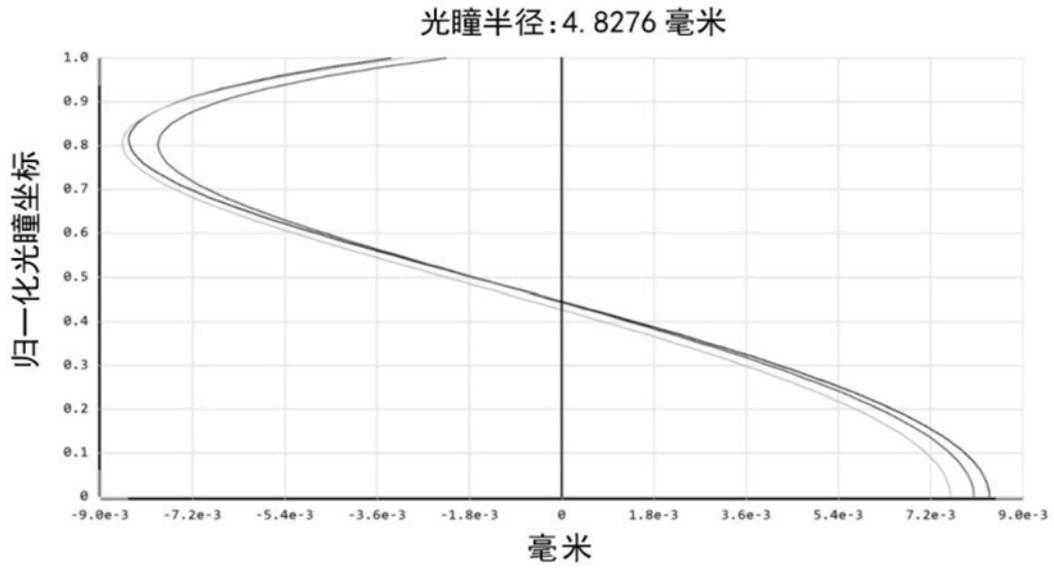


图16