



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106646884 B

(45)授权公告日 2020.03.20

(21)申请号 201611270016.X

(22)申请日 2016.12.30

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106646884 A

(43)申请公布日 2017.05.10

(73)专利权人 苏州苏大维格光电科技股份有限公司

地址 215000 江苏省苏州市苏虹东路北钟南街478号

专利权人 苏州大学

(72)发明人 赵改娜 浦东林 黄文彬 乔文陈林森

(74)专利代理机构 苏州谨和知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 32295

代理人 唐静芳

(51)Int.Cl.

G02B 27/01(2006.01)

G02B 30/00(2020.01)

(56)对比文件

CN 1717927 A,2006.01.04,说明书第3页第1段-第5页,附图1.

CN 103930827 A,2014.07.16,全文.

CN 1756980 A,2006.04.05,全文.

CN 201266300 Y,2009.07.01,全文.

CN 102608855 A,2012.07.25,全文.

CN 103852965 A,2014.06.11,全文.

CN 103364928 A,2013.10.23,全文.

CN 201266300 Y,2009.07.01,全文.

审查员 赵毓静

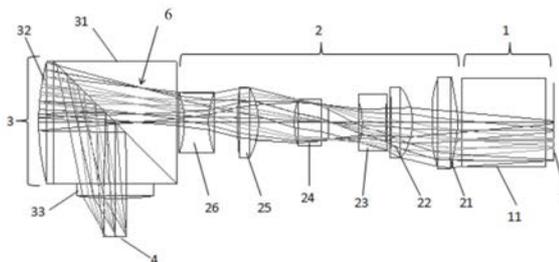
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种投影物镜及三维显示装置

(57)摘要

本发明公开了一种大视场投影物镜,包括分光器件、中继透镜组、分光组件。所述中继透镜组包含:非球面透镜组和一片纳米透镜,本发明在光学系统中引入设有衍射面的纳米透镜,用纳米透镜代替双胶合透镜可降低系统的重量。将本发明设计的投影物镜,与DMD、LCD或LCOS显示器件以及相应照明光源配合使用,将显示器件反射的光束收集在出瞳处,出瞳在投影结构外部,和后续的纳米波导镜片匹配,构建的三维显示装置,特别是近眼三维显示装置,具有显示大视场、高像质、光利用效率高特点。



1. 一种投影物镜,包括分光器件、中继透镜组、分光组件,其特征在于,所述中继透镜组包括:

采用非球面校正像差的非球面透镜组和至少一片设有作为衍射面的纳米透镜;

或者包括至少一片设有作为衍射面的纳米透镜,所述纳米透镜衍射面设于投影物镜出瞳的共轭面附近;

所述中继透镜组沿光线传播的方向顺序分别设置:第一正透镜、第二正透镜、第一负透镜、纳米透镜、第三正透镜、第二负透镜。

2. 根据权利要求1所述的投影物镜,其特征在于,所述第一正透镜为两个面均为非球面的凸透镜,所述第二正透镜为两个面均为非球面的凸透镜,所述第一负透镜为两个面均为凹面的透镜,所述第三正透镜为两个面均为凸面的透镜,所述第二负透镜为两个凹面均为非球面的凹透镜。

3. 根据权利要求1所述的投影物镜,其特征在于,所述纳米透镜为一面或双面刻有半径由小到大同心圆形状光栅结构的透镜。

4. 根据权利要求1到3任一所述的投影物镜,其特征在于,所述分光组件在出瞳方向包括正透镜。

5. 根据权利要求4所述的投影物镜,其特征在于,所述分光组件在出瞳方向的正透镜为平凸透镜。

6. 根据权利要求4所述的投影物镜,其特征在于,所述投影物镜的出瞳位于用于准直光线的正透镜的外侧。

7. 根据权利要求1到3任一所述的投影物镜,其特征在于,所述分光组件从光线传播方向顺序分别包括:分光棱镜,反光透镜,用于准直光线的正透镜。

8. 根据权利要求7所述的投影物镜,其特征在于,所述分光棱镜的分光面为半反半透面;所述反光透镜胶合在分光棱镜上;反光透镜的凸面镀有使入射光线反射回分光棱镜的反射膜;用于准直光线的正透镜胶合在分光棱镜靠近出瞳的面上。

9. 根据权利要求8所述的投影物镜,其特征在于,所述反光透镜的凸面为非球面。

10. 一种三维显示装置,其特征在于,包括如权利要求1到3任一所述的投影物镜,和图像信息生成装置。

## 一种投影物镜及三维显示装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及显示设备技术领域,更具体地说,涉及一种投影物镜及三维显示装置。

### 背景技术

[0002] 增强现实(AR)技术,是一种将真实世界信息和虚拟世界信息“无缝”集成的新技术,是把原本在现实世界的一定时间空间范围内很难体验到的实体信息(视觉信息,声音,味道,触觉等),通过电脑等科学技术,模拟仿真后再叠加,将虚拟的信息应用到真实世界,被人类感官所感知,从而达到超越现实的感官体验。真实的环境和虚拟的物体实时地叠加到了同一个画面或空间同时存在。

[0003] 增强现实(AR)技术的光学系统是一个图像放大系统,微显示器所产生的影像藉由光学系统放大,在人眼前一定距离处呈现一个放大的虚像,使用户可以完全沉浸在虚拟的情境之中,不受外界信息的干扰。如果输入3D视频信号,无需其他辅助装置,即可直接实现3D立体显示。

[0004] 随着半导体技术发展,例如数字微镜芯片(Digital micro-mirror device,DMD)、液晶显示面板(LCD panel)及硅晶芯片(Lcos chip)在提高像素的同时不断小型化,给头盔显示小型化提供了条件,AR光学系统正逐渐向大视场、高分辨力、低重量和小尺寸等方面发展。投影系统是头盔显示器的重要组成部分。投影系统设计不仅影响图像显示质量好坏,还影响头盔显示器的体积、重量,以及观察者的舒适程度,决定着观察者的视觉感受。

[0005] 美国专利US2014/0211322A1提出了一种投影光学系统,在大视场情况下反光平凸透镜238的口径会很大,造成整个光学系统体积变大。如图1所示。

[0006] 基于此,亟待一种小型化、大视场、高像素的投影镜头及其三维显示装置。

### 发明内容

[0007] 有鉴于此,本发明提供了一种小型化、大视场、高像素的投影物镜及其三维显示装置。

[0008] 为达到上述目的,本发明的技术方案如下:

[0009] 一种投影物镜,包括分光器件、中继透镜组、分光组件,所述中继透镜组包括:

[0010] 采用非球面校正像差的非球面透镜组;

[0011] 和/或包括至少一片设有作为衍射面的纳米透镜。

[0012] 本发明在光学系统中引入设有衍射面纳米透镜,用纳米透镜代替用于消色差的双胶合透镜,既可以起到消色差的作用,又可大大降低系统的重量。

[0013] 优选的,所述投影物镜的出瞳位于所述用于准直光线的正透镜的外侧。

[0014] 优选的,所述中继透镜组沿光线传播的方向顺序分别设置:第一正透镜、第二正透镜、第一负透镜、纳米透镜、第三正透镜、第二负透镜。

[0015] 优选的,所述第一正透镜为两个面均为非球面的凸透镜,所述第二正透镜为两个面均为非球面的凸透镜,所述第一负透镜为两个面均为凹面的透镜,所述第三正透镜为两

个面均为凸面的透镜,所述第二负透镜为两个凹面均为非球面的凹透镜。

[0016] 优选的,所述纳米透镜为一面或双面刻有半径由小到大同心圆形状光栅结构的透镜。

[0017] 优选的,所述分光组件在出瞳方向包括正透镜。

[0018] 将本发明设计的投影物镜,与DMD、LCD或LCOS显示器件以及相应照明光源配合使用,将显示器件反射的光束收集在出瞳处,出瞳在投影结构外部,和后续的会聚纳米透镜波导镜片匹配,构建的三维显示装置,特别是近眼三维显示装置,具有显示大视场、高像质、光利用效率高特点。

[0019] 优选的,所述分光组件在出瞳方向的正透镜为平凸透镜。

[0020] 优选的,所述纳米透镜衍射面设于投影物镜出瞳的共轭面附近。

[0021] 优选的,所述分光组件从光线传播方向顺序分别包括:分光棱镜,反光透镜,用于准直光线的正透镜。

[0022] 优选的,所述分光棱镜的分光面为半反半透面;所述反光透镜胶合在分光棱镜上;反光透镜的凸面镀有使入射光线反射回分光棱镜的反射膜;用于准直光线的正透镜胶合在分光棱镜靠近出瞳的面上。

[0023] 优选的,所述反光透镜的凸面为非球面。

[0024] 优选的,所述投影物镜沿光线传播的方向顺序分别设置:包括分光器件、中继透镜组、分光组件;中继透镜组沿光线传播的方向顺序分别设置:第一正透镜、第二正透镜、第一负透镜、纳米透镜、第三正透镜、第二负透镜,所述第一正透镜为两个面均为非球面的凸透镜,所述第二正透镜为两个面均为非球面的凸透镜,所述第一负透镜为两个面均为凹面的透镜,所述第三正透镜为两个面均为凸的透镜,所述第二负透镜为两个凹面均为非球面的凹透镜。

[0025] 中继透镜组中采用非球面校正像差和纳米透镜校正系统色差,保证了大视场条件下的像质。

[0026] 优选的,纳米透镜的衍射面设于投影物镜出瞳的共轭面附近。

[0027] 优选的,所述第一正透镜、第二正透镜和第二负透镜中含有非球面的形状按如下多项式得出:

$$[0028] \quad Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + a_4r^4 + a_6r^6 + a_8r^8 + a_{10}r^{10}$$

[0029] 其中Z表示非球面上的点离非球面顶点在光轴方向的距离;r表示非球面上的点到光轴的距离;c表示非球面的中心曲率;k表示圆锥率;a<sub>4</sub>、a<sub>6</sub>、a<sub>8</sub>、a<sub>10</sub>表示非球面高次项系数。

[0030] 优选的,分光透镜组从光线传播方向顺序分别包括:

[0031] 分光棱镜,反光透镜,用于准直光线的正透镜。

[0032] 优选的,所述分光棱镜的分光面为半反半透面;所述反光透镜胶合在分光棱镜上;反光透镜的凸面镀有使入射光线反射回分光棱镜的反射膜;用于准直光线的正透镜胶合在分光棱镜靠近出瞳的面上。

[0033] 优选的,投影物镜的出瞳位于所述用于准直光线的正透镜的外侧。优选的,所述投影物镜的出瞳处设有纳米波导镜片。

[0034] 本发明还提供一种三维显示装置,包括上述任一所述的投影物镜,和图像信息生成装置。

[0035] 优选的,所述图像信息生成装置包括DMD、LCD或LCOS显示器件,和照明光源。

### 附图说明

[0036] 为了更清楚地说明本发明实施例技术中的技术方案,下面将对实施例技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,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的附图。

[0037] 图1为现有技术结构示意图;

[0038] 图2是本发明投影物镜结构示意图;

[0039] 图3是纳米透镜的示意图

[0040] 图4-6是分别为针对波长为459nm,波长为525nm,波长为618nm而观察到的像差值曲线。

### 具体实施方式

[0041] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0042] 一种投影物镜,包括分光器件、中继透镜组、分光组件,所述分光组件在出瞳方向设有正透镜。

[0043] 本发明在出瞳方向设置正透镜,优选平凸透镜,可以很好的扩大视角范围。

[0044] 优选的,所述分光组件在出瞳方向的正透镜为平凸透镜。

[0045] 所述中继透镜组包括:

[0046] 采用非球面校正像差的非球面透镜组;

[0047] 中继透镜组中可以用至少一片设有衍射面的纳米透镜替代用于消色差的双胶合透镜,所述纳米透镜为一面或双面刻有由小到大同心圆形状光栅结构的透镜,如图3所示是增设一片纳米透镜的情形,也可以用更多的纳米透镜代替相关透镜组件,既用于校正系统色差,同时可以大大降低中继透镜组的重量。

[0048] 本发明在光学系统中引入设有衍射面纳米透镜,用纳米透镜代替用于消色差的双胶合透镜,可大大降低系统的重量。将本发明设计的投影物镜,与DMD、LCD或LCOS显示器件以及相应照明光源配合使用,将显示器件反射的光束收集在出瞳处,出瞳在投影结构外部,和后续的会聚纳米透镜波导镜片匹配,构建的三维显示装置,具有显示大视场、高像质、光利用效率高特点。

[0049] 如图2所示,在一些实施例中,沿光束传播的方向依次为显示器件5,分光器件1,中继透镜组2和分光组件3,在构建三维显示装置时,图像信息光束(光线)由显示器件5(图像信息生成装置)发出,经分光器件1(一般可以采用分光棱镜)后,由中继透镜组2汇聚成像,在分光组件3的分光棱镜31的分光面附近,再由分光组件3准直后,从出瞳4集中进入了后续的

纳米波导镜片或其它三维显示组件中,最后由纳米透镜波导镜片或其它三维显示组件将图像信息在人眼中或人眼前方的空间中会聚成放大的虚拟三维图像。

[0050] 本发明实施方式中,各参数的选择根据需要决定,例如,投影物镜的参数可为:大视场 $60^\circ$ ,显示器件尺寸可以选择为0.37英寸, $f=8.6\text{mm}$ ,出瞳尺寸4mm,出瞳在正透镜33后5mm处。

[0051] 本发明实施例所述的显示器件5可以为DMD、LCD或LCOS多种方式,显示器件5的照明方式可以为LED、OLED或激光多种照明方式;分光器件1可以为分光棱镜、偏振棱镜或半反半透镜片等多种分光方式。

[0052] 在一些实施例中,所述投影物镜沿光线传播的方向顺序分别设置:包括分光器件1、中继透镜组2、分光组件3;中继透镜组2沿光线传播的方向顺序分别设置:第一正透镜21、第二正透镜22、第一负透镜23、纳米透镜24、第三正透镜25、第二负透镜26,所述第一正透镜21为两个面均为非球面的凸透镜,所述第二正透镜22为两个面均为非球面的凸透镜,所述第一负透镜23为两个面均为凹面的透镜,所述纳米透镜24为一面或双面刻有由小到大同心圆形状光栅结构的透镜,所述第三正透镜25为两个面均为凸的透镜,所述第二负透镜26为两个凹面均为非球面的凹透镜。

[0053] 中继透镜组中采用非球面校正像差和纳米透镜校正系统色差,保证了大视场条件下的像质,纳米透镜24的使用,由于作为衍射光学元件的纳米透镜24具有独特的负色散特点,在光学系统中引入设有衍射面的纳米透镜24,用纳米透镜24代替用于消色差的双胶合透镜可大大降低系统的重量。在中继透镜组中,纳米透镜24的衍射面在出瞳的共轭面附近,通过这种共轭方式可以缩小光路中透镜的口径,从而减小像差,有利于像差校正。

[0054] 为了降低成本,中继透镜组件2中可以包括至少一片塑料镜片,为了保证良好的成像质量,其他镜片采用玻璃材料制成。

[0055] 优选的,所述第一正透镜21、第二正透镜22、和第二负透镜26中含有的非球面的形状可按如下多项式得出:

$$[0056] \quad Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + a_4r^4 + a_6r^6 + a_8r^8 + a_{10}r^{10}$$

[0057] 其中Z表示非球面上的点离非球面顶点在光轴方向的距离;r表示非球面上的点到光轴的距离;c表示非球面的中心曲率;k表示圆锥率; $a_4$ 、 $a_6$ 、 $a_8$ 、 $a_{10}$ 表示非球面高次项系数。

[0058] 在一些实施例中,本发明实施例所述的分光组件3沿光线传播方向顺序分别包括:分光棱镜31,反光透镜32,用于准直光线的正透镜33;所述分光棱镜31的分光面为半反半透面;所述反光透镜32胶合在分光棱镜31上;反光平凸透镜32的凸面为非球面,反光透镜32的凸面镀有使入射光线反射回分光棱镜31的反射膜;用于准直光线的正透镜33胶合在分光棱镜31靠近出瞳的面上。

[0059] 经过分光透镜组件3后,光线被准直并经出瞳4出射,和后续纳米波导镜片匹配。反光透镜32的使用,利用反射面有效地减小了后续光路中的投射高度,从而减小透镜的口径,同样有利于减小像差。

[0060] 本发明实施例所述的出瞳4位于正透镜33后面5mm处,出瞳尺寸为4mm,出瞳4位于投影物镜结构外面,有利用和后续纳米波导透镜的匹配,有效提高光能的利用效率。

[0061] 本实施方式的投影物镜,其像差、场曲及畸变分别如图4到图6所示。图4到图6分别为针对波长为459nm,波长为525nm,波长为618nm而观察到的像差值曲线。由图4看出,投影物镜的垂轴色差小于5微米。图5中曲线T及S分别为子午场曲(tangential field curvature)特性曲线及弧矢场曲(sagittal field curvature)特性曲线。可见,子午场曲值和弧矢场曲值被控制在(-0.25mm,0.25mm)范围内,曲线dis为畸变特性曲线,由图5可知,畸变量被控制在(-1%,1%)范围内。由图6看出,60lp/mm空间频率下全视场光学传递函数MTF>40%。由此可见,投影物镜的像差、场曲、畸变都能被控制(修正)在较小的范围内。

[0062] 优选的,所述投影物镜的出瞳处设有纳米波导镜片。

[0063] 本发明还提供一种三维显示装置,包括上述任一所述的投影物镜,和图像信息生成装置。

[0064] 优选的,所述图像信息生成装置包括DMD、LCD或LCOS显示器件,和照明光源。

[0065] 上述投影物镜及利用其构建的三维显示装置特别是耦合近眼显示的大视场近眼显示装置,具有以下特点:

[0066] 1) 加入具有衍射面的纳米透镜,利用折衍混合系统和反光镜的共同使用,增加了光学设计过程中的自由度能够突破传统光学系统的诸多局限,在改善成像质量减小系统体积和重量、优化系统重心位置、降低成本等方面具有传统光学系统无可比拟的优势。纳米透镜波导镜片可以加入一片,也可以根据需要加入2片、3片甚至更多片。

[0067] 2) 正透镜33的使用,有利在大视场情况下,缩小反光透镜32的口径,从而减小整体的光路体积,且使用分光棱镜组3实现光路准直,准确的说,经过正透镜33后,出射光变为准直光,实现了光路的准直。

[0068] 3) 在分光棱镜31中有显示器件5生成图像的中间像(位于图2中标号6指示的位置),便于大视场情况下缩小光路整体体积。

[0069] 4) 投影物镜出瞳在投影物镜外部,方便和后续纳米波导镜片的匹配使用,有利用整体光路的扩瞳和优化像质。

[0070] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相似部分互相参见即可。对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制与本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

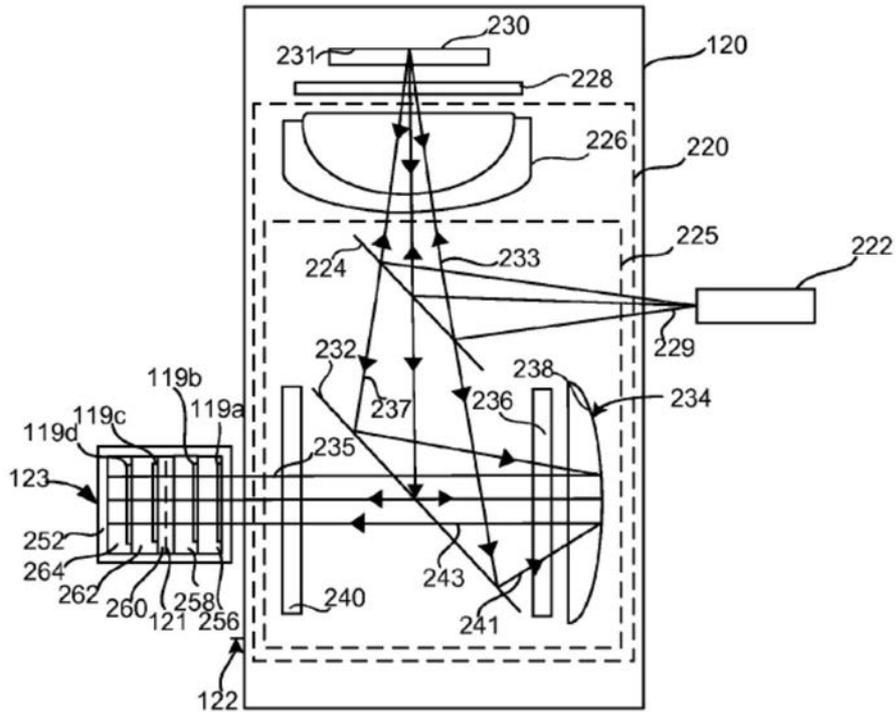


图1

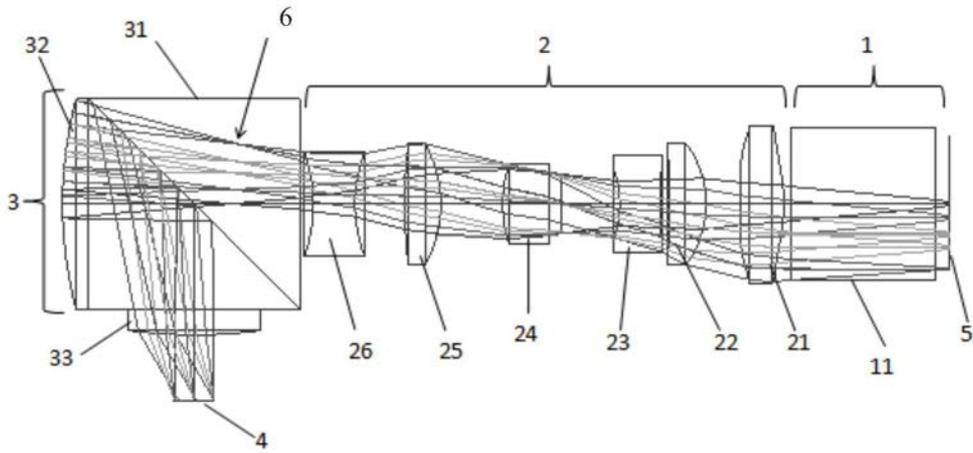


图2

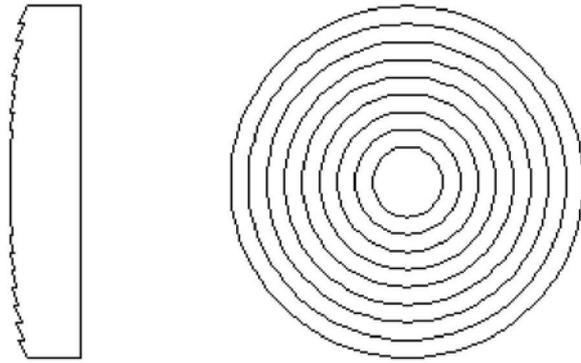


图3

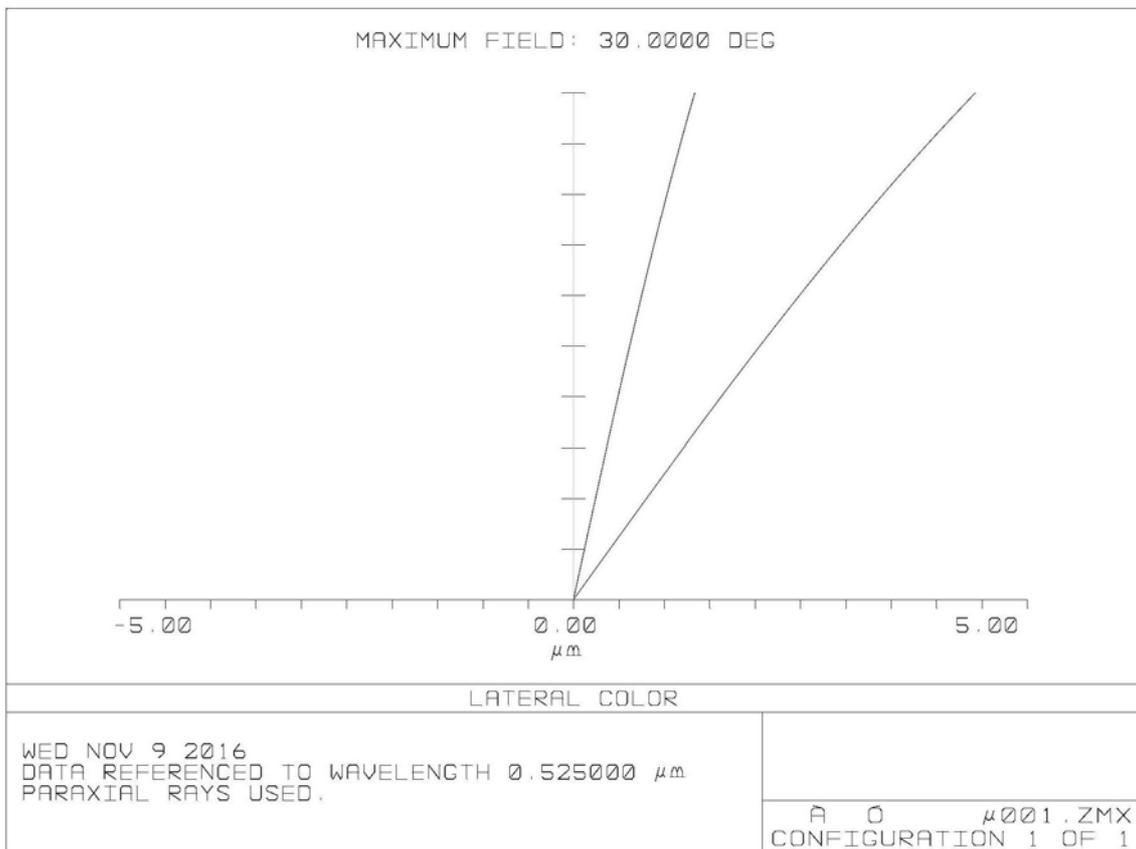


图4

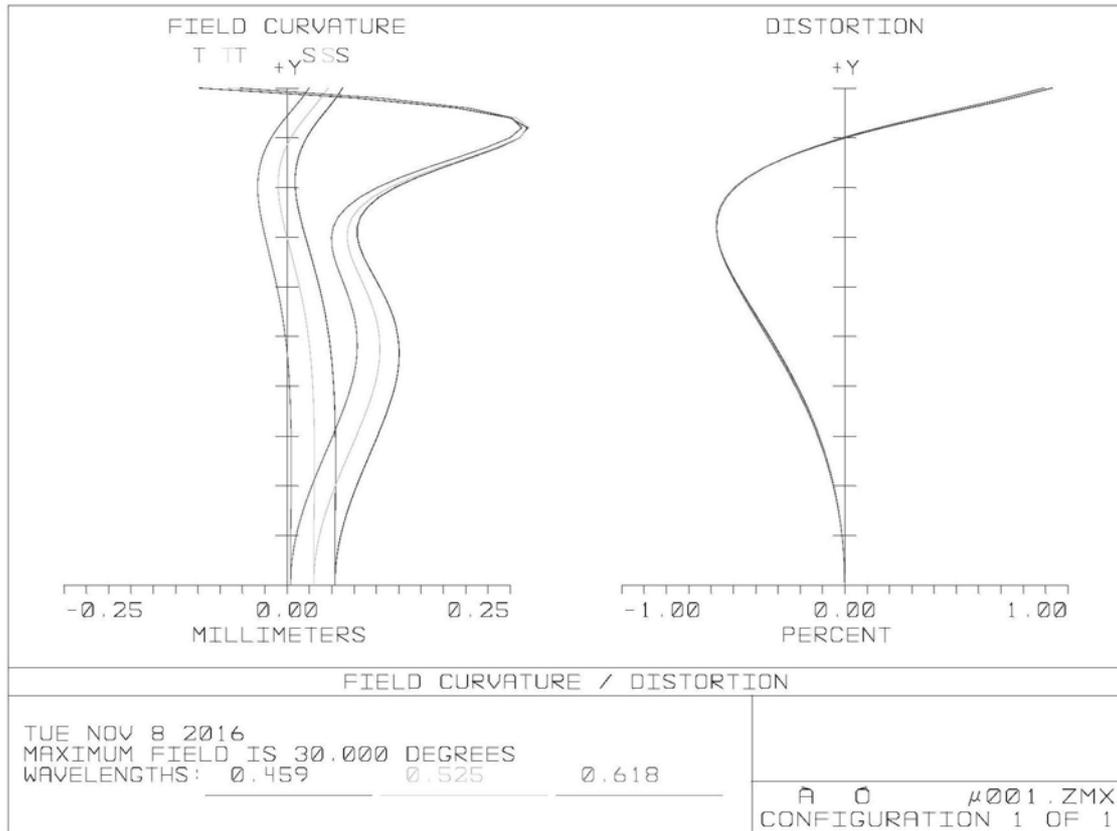


图5

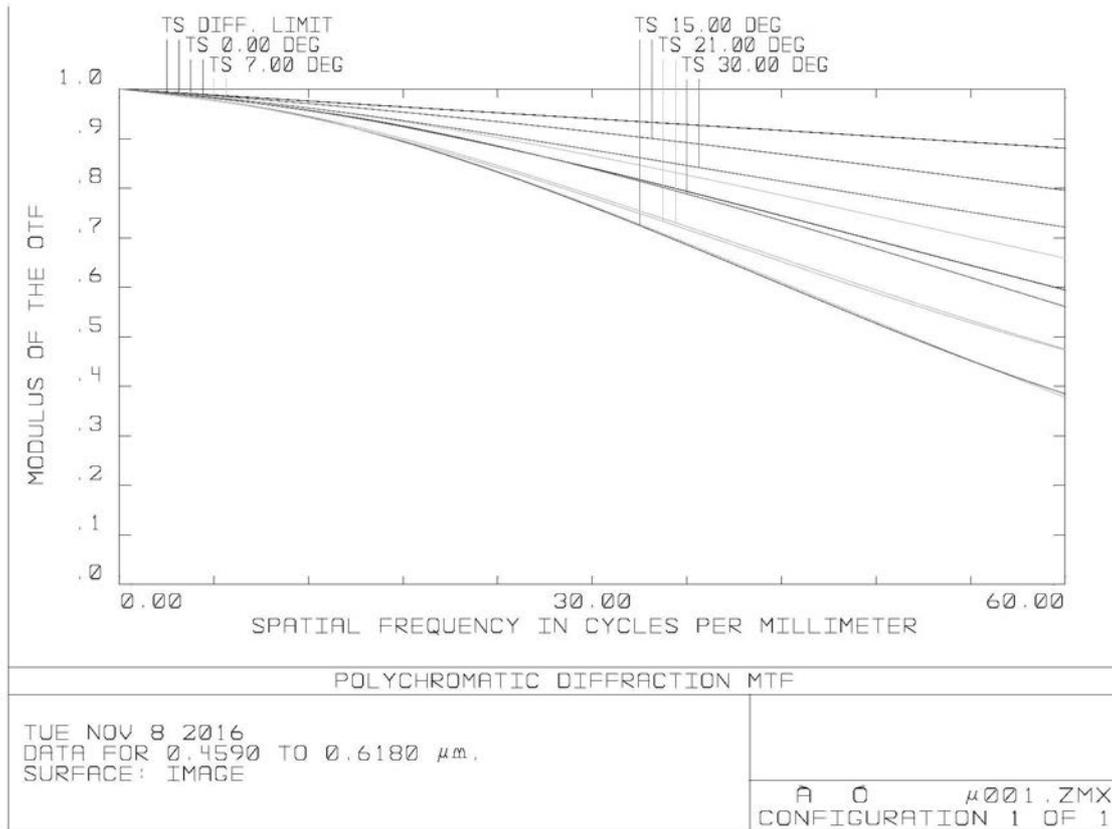


图6