

说明书

发明名称: 光学系统以及显示装置

[0001] 本申请要求于2022年6月22日递交的中国专利申请第202210714718.1号的优先权，在此全文引用上述中国专利申请公开的内容以作为本申请的一部分。

技术领域

[0002] 本公开的实施例涉及一种光学系统以及显示装置。

背景技术

[0003] 虚拟现实(Virtual Reality, VR)产品是借助计算机及最新传感器技术创造的一种人机交互产品，其综合利用计算机图形系统和各种现实及控制等接口设备，在计算机上生成的可交互的三维环境中提供沉浸感觉。

[0004] 随着虚拟现实产品的逐渐普及，用户对于虚拟现实产品的使用要求越来越高。目前，越来越多的用户选择使用虚拟现实产品观看电影，因此具有大视场角(FOV)显示效果的虚拟现实显示装置成为主流。

[0005] 发明内容

[0006] 本公开实施例涉及一种光学系统以及显示装置。

[0007] 本公开实施例提供一种光学系统一种光学系统，包括镜片、偏振透反膜、相位延迟膜以及透反膜。镜片包括平面和非球面，所述非球面为凸面，所述平面远离所述非球面的一侧为所述镜片的出光侧；偏振透反膜设置在所述镜片的所述平面远离所述非球面的一侧；相位延迟膜设置在所述偏振透反膜与所述镜片的所述平面之间；透反膜设置在所述镜片的所述非球面远离所述平面的一侧。所述镜片为一体的镜片，所述平面和所述非球面位于所述一体的镜片的相对的两侧，所述光学系统的焦距为26~28毫米，所述镜片的有效口径为50~52毫米，且所述非球面的曲率半径为-93~-97毫米。

[0008] 例如，根据本公开实施例，所述镜片的焦距为160~180毫米。

[0009] 例如，根据本公开实施例，所述镜片的最大厚度为6~8毫米。

[0010] 例如，根据本公开实施例，所述光学系统的出瞳距离为13~21毫米。

[0011] 例如，根据本公开实施例，所述光学系统的出瞳距离不小于15毫米。

- [0012] 例如,根据本公开实施例,所述光学系统的最大视场角为 $100^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 。
- [0013] 例如,根据本公开实施例,所述光学系统在所述最大视场角下的调制传递函数值在空间频率为20线对/毫米位置处不小于0.7。
- [0014] 例如,根据本公开实施例,所述光学系统在所述最大视场角下的调制传递函数值在空间频率为15线对/毫米位置处不小于0.8。
- [0015] 例如,根据本公开实施例,所述镜片的折射率为 $1.5 \sim 1.6$ 。
- [0016] 例如,根据本公开实施例,所述相位延迟膜和所述偏振透反膜贴合在所述平面上。
- [0017] 本公开实施例提供一种显示装置,包括显示屏以及上述任一光学系统。所述显示屏位于所述镜片的所述非球面远离所述平面的一侧,所述显示屏的显示面位于所述光学系统的入光侧的焦平面。
- [0018] 例如,根据本公开实施例,所述非球面与所述显示屏的显示面之间的距离为26~28毫米。
- [0019] 例如,根据本公开实施例,所述显示屏的显示面的最大尺寸为2~3英寸。
- [0020] 本公开实施例提供的光学系统采用折叠光路的同时,通过将镜片设置为包括非球面的一体的镜片,且对光学系统的焦距、该一体的镜片的有效口径以及非球面的曲率半径等参数进行设置,可以使得该光学系统实现大视场角显示的同时具有较大的出瞳距离,提高用户的使用体验。

附图说明

- [0021] 为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案,下面将对实施例的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅涉及本公开的一些实施例,而非对本公开的限制。
- [0022] 图1为根据本公开实施例提供的镜片的结构示意图。
- [0023] 图2为包括图1所示镜片的光学系统的光路简图。
- [0024] 图3为本公开实施例提供的光学系统在截止频率为20线对/毫米时的调制传递函数曲线。
- [0025] 图4为本公开实施例提供的光学系统在截止频率为15线对/毫米时的调制传递函数曲线。

[0026] 图5为根据本公开实施例提供的显示装置的结构示意图。

具体实施方式

[0027] 为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本公开实施例的附图，对本公开实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例是本公开的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于所描述的本公开的实施例，本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其它实施例，都属于本公开保护的范围。

[0028] 除非另外定义，本公开使用的技术术语或者科学术语应当为本公开所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本公开中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同，而不排除其他元件或者物件。

[0029] 在研究中，本申请的发明人发现：为实现大视场角(FOV)的观看效果，目前的虚拟现实折叠光路(Pancake)产品的出瞳距离(eye relief,ERF)一般为13~15毫米。然而，该出瞳距离很难满足近视用户佩戴眼镜使用，进而影响了用户的使用体验。

[0030] 本公开实施例提供一种光学系统以及显示装置。光学系统包括镜片、偏振透反膜、相位延迟膜以及透反膜。镜片包括平面和非球面，非球面为凸面，平面远离非球面的一侧为镜片的出光侧。偏振透反膜设置在镜片的平面远离非球面的一侧；相位延迟膜设置在偏振透反膜与镜片的平面之间；透反膜设置在镜片的非球面远离平面的一侧。镜片为一体的镜片，平面和非球面位于一体的镜片的相对的两侧，光学系统的焦距为26~28毫米，镜片的有效口径为50~52毫米，非球面的曲率半径为-93~-97毫米。本公开实施例提供的光学系统可以为采用折叠光路(Pancake)的光学系统，在镜片的两侧设置偏振透反膜、相位延迟膜和透反膜的同时，通过将镜片设置为包括非球面的一体的镜片，对光学系统的焦距进行设置，且对该一体的镜片的有效口径以及非球面的曲率半径等参数进行设置

并优化,可以使得该光学系统实现超短焦距、大视场角显示的同时具有较大的出瞳距离,提高用户的使用体验。

[0031] 下面结合附图对本公开实施例提供的光学系统以及显示装置进行描述。

[0032] 图1为根据本公开实施例提供的镜片的结构示意图,图2为包括图1所示镜片的光学系统的光路简图。如图1和图2所示,光学系统包括镜片100,镜片100包括平面110和非球面120,非球面120为凸面,平面110远离非球面120的一侧为镜片100的出光侧。如图1所示,光学系统还包括偏振透反膜500,设置在平面110远离非球面120的一侧,以及相位延迟膜600,设置在偏振透反膜500与平面110之间。如图1所示,光学系统还包括透反膜700,设置在非球面120远离平面110的一侧。

[0033] 如图1所示,镜片100为为一体的镜片100,平面110和非球面120位于一体的镜片100的相对的两侧,光学系统的焦距为26~28毫米,镜片100的有效口径为50~52毫米,非球面120的曲率半径为-93~-97毫米。

[0034] 本公开实施例提供的光学系统可以为采用折叠光路(Pancake)的光学系统,在镜片的一侧设置偏振透反膜和相位延迟膜,且在镜片的另一侧设置透反膜的同时,通过将镜片设置为包括非球面的一体的镜片,对光学系统的焦距进行设置,且对该一体的镜片的有效口径以及非球面的曲率半径等参数进行设置并优化,可以使得该光学系统实现超短焦距、大视场角显示的同时具有较大的出瞳距离,提高用户的使用体验。

[0035] 例如,上述一体的镜片100包括的平面110和非球面120为镜片100的两个表面,如上述一体的镜片100可以称为单镜片。例如,上述一体的镜片100可以为平凸透镜。

[0036] 例如,非球面120向远离平面110的一侧弯曲以形成凸面。

[0037] 例如,光学系统的焦距可以为26.5~27.5毫米。例如,光学系统的焦距可以为27~27.3毫米。

[0038] 在一些示例中,镜片100的焦距为160~180毫米。例如,镜片100的焦距可以为162~178毫米。例如,镜片100的焦距可以为165~175毫米。例如,镜片100的焦距可以为167~172毫米。例如,镜片100的焦距可以为169~170毫米。上述镜片的焦距指镜片表面没有镀膜时的焦距。

- [0039] 例如，如图1所示，偏振透反膜500和相位延迟膜600位于镜片100的近眼侧，透反膜700位于镜片100的近像源侧。例如，偏振透反膜500和相位延迟膜600设置在平面110远离非球面120的一侧，透反膜700设置在非球面120远离平面110的一侧。
- [0040] 在一些示例中，相位延迟膜600和偏振透反膜500可以作为复合膜层贴合在镜片100的平面110上。例如，透反膜700可以涂敷或镀设在非球面120上。
- [0041] 例如，如图1和图2所示，偏振透反膜500可以包括偏振透射膜和反射偏振膜，偏振透射膜位于反射偏振膜远离相位延迟膜600的一侧。
- [0042] 例如，偏振透反膜500和相位延迟膜600组成折叠光路偏振器件，又称复合膜。例如，该复合膜贴合在镜片100的平面110上。
- [0043] 例如，反射偏振膜的功能是透射一个方向的偏振光(如s线偏振光)而反射另一个方向的偏振光(如p线偏振光)。例如，反射偏振膜(又称偏振分束膜)具有如下特性：膜材平面上存在一个光轴方向，入射光平行于该方向的偏振分量的透过率(平行透过率) $>80\%$ 。例如，该平行透过率 $>85\%$ 。同时该分量的反射率(平行反射率) $<5\%$ 。例如，该平行反射率 $<1\%$ 。入射光垂直于该方向的偏振分量的透过率(直交透过率) $<0.5\%$ 。例如，直交透过率 $<0.1\%$ 。同时该分量的反射率(直交反射率) $>80\%$ 。例如，直交反射率 $>85\%$ 。例如，反射偏振膜可以为塑料反射膜。
- [0044] 例如，偏振透射膜的透光轴与反射偏振膜的透光轴平行，如偏振透射膜可以为线偏振膜，用于进一步过滤其他杂光，只允许通过偏振透反膜的偏振光(如s线偏振光)进入人眼。
- [0045] 例如，如图1和图2所示，相位延迟膜600被配置为使得透过光实现圆偏振和线偏振状态之间的转换。例如，相位延迟膜600可以为 $1/4$ 波片。
- [0046] 例如，如图1和图2所示，透反膜700可以被配置为反射一部分光，且透射另一部分光。例如，透反膜700可以反射 50% 的光线，且透射 50% 的光线。
- [0047] 如图1和图2所示，采用上述偏振透反膜500、相位延迟膜600以及透反膜700形成了折叠光路，折叠光路的原理如下：位于非球面120远离平面110一侧的显示屏的显示面300侧可以设置波片，从显示面300出射的图像光经过波片后转换为右旋圆偏振光，右旋圆偏振光经过透反膜700的透射后偏振状态不变。该光线进入镜

片100中，且经镜片100透射后到达位于相位延迟膜600，入射到相位延迟膜600的右旋圆偏振光转换为p线偏振光，p线偏振光被偏振透反膜500反射回相位延迟膜600，此处发生了第一次反射。而后，p线偏振光经过相位延迟膜600后转换为右旋圆偏振光，该右旋圆偏振光经过镜片100透射后到达透反膜700，并在透反膜700处被反射，此处发生了第二次反射。由于半波损失，反射的光由右旋圆偏振光变为左旋圆偏振光。左旋圆偏振光经镜片100透射后到达相位延迟膜600，在透过相位延迟膜600后变成s线偏振光，然后该s线偏振光经过偏振透反膜500透射后射出射光瞳200，如人眼。

[0048] 上述折叠光路可以改变在偏振透反膜和透反膜之间传播的光线的偏振态，实现光线的折叠，使得原本该镜片的焦距因为设置上述偏振透反膜、相位延迟膜以及透反膜而增加的例如两次反射而被折叠，从而大大压缩了人眼与光学系统之间所需的空間，从而使光学系统体积更小更轻薄。

[0049] 例如，镜片100的有效口径指光线能够经过镜片100的最大口径，该有效口径是以镜片100的最大光通量确定的。例如，镜片100的有效口径可以为50.5~51.5微米。例如，镜片100的有效口径可以为51~51.8微米。

[0050] 例如，镜片100在垂直于光轴的各个方向上的有效口径的值可以均相同，也可以不同，可以根据产品需求进行设置。

[0051] 上述镜片的有效口径的尺寸的设置既可以保证其垂直于光轴的方向的尺寸较小，还可以满足视场范围的要求。

[0052] 例如，非球面120的曲率半径可以为-95~-95.8微米。例如，非球面120的曲率半径可以为-93~-95.5微米。例如，非球面120的曲率半径可以为-94~-95微米。

[0053] 例如，如图1和图2所示，非球面120可以为偶次非球面(EVEN ASPH)，非球面120的曲率半径为其表面的基球面的曲率半径。上述的“基球面”指非球面是以球面为基础进一步变形形成的，作为该非球面基础的球面即为该非球面的基球面。

[0054] 例如，镜片100的平面110远离非球面120的一侧包括出射光瞳200。例如，出瞳直径可以为4毫米。

- [0055] 例如，在光学系统进行优化参数的过程中，光学系统的成像面300位于非球面120远离平面110的一侧，而上述成像面300为光学系统用于显示装置时，显示屏的显示面所在位置。例如，镜片100的非球面120远离平面110的一侧可以设置用于显示图像的显示面300。例如，光学系统所成虚像的像距可以为1200~2000毫米。
- [0056] 在一些示例中，如图1和图2所示，镜片100的最大厚度为6~8毫米。例如，镜片100沿其光轴的延伸方向(如图1所示的X方向)上的最大厚度为6~8毫米。例如，平面110与光轴交点距非球面120与光轴交点之间的距离为6~8毫米。例如，镜片100被其光轴所截的尺寸为6~8毫米。例如，镜片100的最大厚度可以为6.5~7.5毫米。例如，镜片100的最大厚度可以为7毫米。
- [0057] 本实施例提供的光学系统中的镜片沿其光轴方向的尺寸较小，从而可以减小光学系统的尺寸以提高包括该光学系统的显示装置的紧凑性。
- [0058] 在一些示例中，如图1和图2所示，光学系统的出瞳距离为13~21毫米。例如，镜片100的平面110与出射光瞳200之间的距离可以为13~21毫米。
- [0059] 在一些示例中，光学系统的出瞳距离不小于15毫米。例如，光学系统的出瞳距离可以为16~21毫米。例如，光学系统的出瞳距离可以为17~19毫米。例如，光学系统的出瞳距离可以为18~20毫米。本公开提供的光学系统具有较大的出瞳距离，可满足近视用户佩戴眼镜使用。
- [0060] 在一些示例中，如图1和图2所示，光学系统的最大视场角为 100° ~ 110° 。例如，光学系统的最大视场角可以为 100° ~ 103° 。例如，光学系统的最大视场角可以为 104° ~ 109° 。例如，光学系统的最大视场角可以为 105° ~ 108° 。例如，光学系统的最大视场角可以为 101° ~ 102° 。例如，光学系统的最大视场角可以为 100.5° ~ 101.5° 。
- [0061] 在一些示例中，镜片10的折射率为1.5~1.6。例如，镜片10的折射率可以为1.52~1.58。例如，镜片10的折射率可以为1.53~1.57。例如，镜片10的折射率可以为1.54~1.56。例如，镜片10的折射率可以为1.55。
- [0062] 例如，镜片10的材料包括光学树脂，如光学树脂的材料可以包括环烯烃类共聚物(APL5014XH)，其折射率为1.555。

[0063] 本公开提供的光学系统，通过将镜片配合上述折叠光路的同时，将镜片设置为包括非球面的一体的镜片，对该光学系统的焦距进行设置，且该一体的镜片的焦距、有效口径、非球面的曲率半径、镜片的厚度以及镜片的折射率等参数进行设置，可以在光学系统具有较小尺寸的基础上，使得该光学系统的最大视场角达到 $100^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 的同时出瞳距离达到13~21毫米，甚至不小于15毫米，有利于提高用户的使用体验，如可满足近视用户佩戴眼镜使用。

[0064] 例如，非球面面型用下列数值公式表示：

$$z = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)C^2Y^2}} + \sum_{i=2}^N \alpha_i Y^{2i}$$

[0065] 例如，上述公式中非球面沿垂直于光轴的方向的高度是Y，从非球面顶点到非球面上高度为Y处在光轴上的投影之间的距离是z，即，z是沿光轴方向的坐标；C是曲率(曲率半径R的倒数)，k是圆锥系数(Coin Constant)， α_i 是各高次项的系数，2i是非球面的高次方(the order of Aspherical Coefficient)。

[0066] 在实际优化镜片各参数的合理配置时，将镜片的曲率半径、圆锥系数、高度以及非球面系数等值放入上述数值公式中，通过光学模拟计算以得到能够校正镜片的像差的各个优化参数。通过优化过程得到镜片的曲率半径、沿光轴的厚度、有效口径以及圆锥系数的优选值。

[0067] 表1

光学面	类型	曲率半径	距离	材料	半径	圆锥系数
物面	标准面	无穷	-2000	-	2514.344597837911	0
光阑	标准面	无穷	17	-	2.00	0
2	标准面	无穷	7.0	APL5014XH	26	0
3	偶次非球面	-95.657	18.9	-	26	-1.0
像面	标准面	无穷	-	-	23	0

[0068] 例如，上述表1示意性示出由人眼(光阑STOP)到显示屏依序编号的光学面号码(Surface)、在光轴上各光学面的曲率半径(R)、从人眼(光阑)到显示屏的光轴上各面与后一光学表面的距离(T)。光学面2表示镜片100的平面110，光学面3表示镜片100的非球面120。例如，非球面120可以为偶次非球面。

- [0069] 例如，偶次非球面的圆锥系数可以为 $-5 \sim -0.5$ 。例如，圆锥系数可以为 $-3 \sim -0.8$ 。例如，圆锥系数可以为 $-2 \sim -1$ 。
- [0070] 例如，如表1所示，非球面120的曲率半径为 -95.657 毫米；光学系统所成虚像的像距为 2000 毫米，出瞳距离为 17 毫米，镜片100的厚度为 7 毫米，即平面与非球面之间的距离为 7 毫米，非球面120与显示屏的显示面300之间的距离为 18.9 毫米；镜片10的材料为环烯烃类共聚物(APL5014XH)；出瞳直径的一半为 2 微米，镜片100的有效口径的一半为 26 微米，成像面的尺寸的一半为 23 毫米，虚像尺寸的一半为 2514.344597837911 毫米；非球面120的圆锥系数为 -1 。
- [0071] 本公开提供的光学系统，通过对出瞳距离、镜片的厚度、镜片与显示屏的显示面之间的距离、镜片的折射率、非球面的曲率半径、圆锥系数以及偶次非球面系数的优化，可以得到大视场以及长出瞳距下成像效果良好的光学系统。
- [0072] 图3为本公开实施例提供的光学系统在截止频率为 20 线对/毫米时的调制传递函数(Modulation Transfer Function, MTF)曲线。例如，图3示出了光学系统在不同视场下的子午线403、子午线406、子午线407、子午线409以及子午线411(图中实线所示)在不同空间频率下的调制传递函数值以及光学系统在不同视场下的弧矢线402、弧矢线404、弧矢线405、弧矢线408以及弧矢线410(图中虚线所示)在不同空间频率下的调制传递函数值，如MTF值。例如，曲线401表示衍射极限。例如，子午线403为半视场角为 51° 时的子午线，子午线406为半视场角为 5° 时的子午线，子午线407为半视场角为 10° 时的子午线，子午线409为半视场角度为 45° 时的子午线，子午线411为半视场角为 20° 时的子午线。例如，弧矢线402为半视场角度为 20° 时的弧矢线，弧矢线404为半视场角为 10° 时的弧矢线，弧矢线405为半视场角为 5° 时的弧矢线，弧矢线408为半视场角为 45° 时的弧矢线，弧矢线410为半视场角为 51° 时的弧矢线。
- [0073] 例如，上述调制传递函数值也可以称为解像力，解像力是分辨被摄原物细节的能力，为可以用来描述缩微摄影系统再现被摄原件细微部分能力的物理量。
- [0074] 调制传递函数(MTF)曲线可以综合反映光学系统的成像质量，其曲线形状越平滑，且MTF值越高，光学系统的成像质量越好。图3示出了在截止频率为 20 线对/毫米(lp/mm)时的调制传递函数曲线，图中示出了多个视场光线对应的调制传

递函数曲线。如图3所示，整体调制传递函数曲线平滑，其中边缘视场(如 102°)下的调制传递函数值可达到0.7以上。

- [0075] 在一些示例中，如图3所示，光学系统在最大视场角下的调制传递函数值在空间频率为20线对/毫米位置处不小于0.7。例如，光学系统在 102° 视场下的调制传递函数值在空间频率为20线对/毫米位置处不小于0.7。例如，光学系统在 102° 视场下的调制函数曲线在空间频率为20线对/毫米位置处不小于0.72。
- [0076] 例如，上述各子午线和弧矢线可以均为绿光(如中心波长为550nm)的子午线和弧矢线。
- [0077] 本公开提供的光学系统，通过将镜片与折叠光路配合的同时，将镜片设置为包括一体的镜片，在平凸透镜的基础上，将凸面由球面改为非球面，对光学系统的焦距进行设置，且对该一体的镜片的焦距、有效口径、非球面的曲率半径、镜片的厚度以及镜片的折射率等参数进行设置和优化，可以在光学系统具有超短焦距的基础上，使得该光学系统的最大视场角达到 100° 以上的同时出瞳距离达到17毫米或以上，所成虚像的像距达到2000毫米；与此同时，通过对非球面高次项系数进行优化，可以使得光学系统边缘视场调制传递函数值(MTF值)在空间频率为20线对/毫米位置处不小于0.7，该光学系统具有良好的成像效果，可以满足近视用户佩戴眼镜的观看使用。
- [0078] 例如，如图3所示，光学系统在 40° 视场下的调制传递函数值在空间频率为20线对/毫米位置处不小于0.8。
- [0079] 例如，如图3所示，光学系统在 20° 视场下的调制传递函数值在空间频率为20线对/毫米位置处不小于0.5。
- [0080] 图4为本公开实施例提供的光学系统在截止频率为15线对/毫米时的调制传递函数曲线。
- [0081] 例如，如图4所示，曲线401表示衍射极限。例如，子午线403为半视场角度为 51° 时的子午线，子午线406为半视场角为 5° 时的子午线，子午线407为半视场角为 10° 时的子午线，子午线409为半视场角为 45° 时的子午线，子午线411为半视场角为 20° 时的子午线。例如，弧矢线402为半视场角为 20° 时的弧矢线，弧矢线404为半视场角为 10° 时的弧矢线，弧矢线405为半视场角为 5° 时的弧矢

线,弧矢线408为半视场角为 45° 时的弧矢线,弧矢线410为半视场角为 51° 时的弧矢线。

- [0082] 在一些示例中,如图4所示,光学系统在最大视场角下的调制传递函数值在空间频率为15线对/毫米位置处不小于0.8。例如,光学系统在 102° 视场下的调制传递函数值在空间频率为15线对/毫米位置处不小于0.8。例如,光学系统在 102° 视场下的调制传递函数值在空间频率为15线对/毫米位置处不小于0.82。
- [0083] 例如,如图4所示,光学系统在 40° 视场下的调制传递函数值在空间频率为15线对/毫米位置处不小于0.85。
- [0084] 例如,如图4所示,光学系统在 20° 视场下的调制传递函数值在空间频率为15线对/毫米位置处不小于0.65。
- [0085] 例如,如图4所示,光学系统在 10° 视场下的调制传递函数值在空间频率为15线对/毫米位置处不小于0.5。
- [0086] 本公开提供的光学系统,通过将镜片与折叠光路配合的同时,将镜片设置为包括一体的镜片,在平凸透镜的基础上,将凸面由球面改为非球面,且对该一体的镜片的焦距、有效口径、非球面的曲率半径、镜片的厚度以及镜片的折射率等参数进行设置和优化,可以在光学系统具有超短焦距的基础上,使得该光学系统的最大视场角达到 100° 以上的同时出瞳距离达到17毫米或以上,所成虚像的像距达到2000毫米;与此同时,通过对非球面高次项系数进行优化,可以使得光学系统边缘视场调制传递函数值(MTF值)在空间频率为15线对/毫米位置处不小于0.8,该光学系统具有良好的成像效果,可以满足近视用户佩戴眼镜的观看使用。
- [0087] 例如,镜片100的非球面120可以通过研磨加工、机加工做成非球面,将玻璃透过模具形成为非球面形状的玻璃模具可以是非球面、在玻璃的表面将树脂形成为非球面形状的复合型非球面的一种。
- [0088] 图5为根据本公开实施例提供的显示装置的结构示意图。如图5所示,显示装置包括显示屏20以及上述实施例所示的光学系统10。显示屏20位于非球面120远离平面110的一侧,显示屏20的显示面位于光学系统10的入光侧的焦平面。

- [0089] 在一些示例中，如图5所示，非球面120与显示屏20的显示面之间的距离为26~28毫米。例如，非球面120与显示屏20的显示面之间的距离为27毫米。例如，非球面120与显示屏20的显示面之间的距离为26.5~27.5毫米。例如，非球面120与显示屏20的显示面之间的距离为26.2~27.8毫米。例如，非球面120与显示屏20的显示面之间的距离为26.4~27.6毫米。例如，非球面120与显示屏20的显示面之间的距离为26.8~27.2毫米。
- [0090] 本公开提供的显示装置，将镜片设置为包括非球面的一体的镜片，且对该一体的镜片的焦距、有效口径、非球面的曲率半径、镜片的厚度以及镜片的折射率等参数进行设置，与此同时，通过在镜片的一侧设置偏振透反膜和相位延迟膜，在镜片的另一侧设置透反膜，可以实现光线的折叠，大大缩小光学系统的焦距，可以在光学系统具有较小尺寸的基础上，使得该光学系统的最大视场角达到100° 以上的同时出瞳距离达到17毫米或以上，所成虚像的像距达到2000毫米；以将镜片与显示屏的显示面之间的距离缩短至27毫米，有利于提高近视用户佩戴眼镜的观看体验的同时缩小显示装置的体积。
- [0091] 在一些示例中，显示屏20的显示面的最大尺寸为2~3英寸。例如，显示屏20的显示面的最大尺寸为2.5英寸。例如，显示屏20的显示面的形状可以为矩形，矩形的对角线的尺寸可以为2.5英寸。
- [0092] 例如，显示屏20可以为任何类型的显示屏例如液晶显示屏、有机发光二极管显示屏、无机发光二极管显示屏、量子点显示屏、投影仪(例如LCOS微型投影机)等。
- [0093] 例如，显示装置可以为虚拟现实显示装置。例如，虚拟现实显示装置可以为采用超短焦折叠光路的显示装置。
- [0094] 例如，该显示装置可以为近眼显示装置，该近眼显示装置可以为可穿戴VR头盔、VR眼镜等，本公开实施例不限于此。
- [0095] 有以下几点需要说明：
- [0096] (1)本公开的实施例附图中，只涉及到与本公开实施例涉及到的结构，其他结构可参考通常设计。

[0097] (2)在不冲突的情况下，本公开的同一实施例及不同实施例中的特征可以相互组合。

[0098] 以上所述仅是本公开的示范性实施方式，而非用于限制本公开的保护范围，本公开的保护范围由所附的权利要求确定。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种光学系统，包括：
- 镜片，包括平面和非球面，所述非球面为凸面，所述平面远离所述非球面的一侧为所述镜片的出光侧；
- 偏振透反膜，设置在所述镜片的所述平面远离所述非球面的一侧；
- 相位延迟膜，设置在所述偏振透反膜与所述镜片的所述平面之间；
- 透反膜，设置在所述镜片的所述非球面远离所述平面的一侧，
- 其中，所述镜片为一体的镜片，所述平面和所述非球面位于所述一体的镜片的相对的两侧，所述光学系统的焦距为26~28毫米，所述镜片的有效口径为50~52毫米，且所述非球面的曲率半径为-93~-97毫米。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的光学系统，其中，所述镜片的焦距为160~180毫米。
- [权利要求 3] 根据权利要求1或2所述的光学系统，其中，所述镜片的最大厚度为6~8毫米。
- [权利要求 4] 根据权利要求1-3任一项所述的光学系统，其中，所述光学系统的出瞳距离为13~21毫米。
- [权利要求 5] 根据权利要求4所述的光学系统，其中，所述光学系统的出瞳距离不小于15毫米。
- [权利要求 6] 根据权利要求4或5所述的光学系统，其中，所述光学系统的最大视场角为 $100^{\circ} \sim 110^{\circ}$ 。
- [权利要求 7] 根据权利要求6所述的光学系统，其中，所述光学系统在所述最大视场角下的调制传递函数值在空间频率为20线对/毫米位置处不小于0.7。
- [权利要求 8] 根据权利要求6或7所述的光学系统，其中，所述光学系统在所述最大视场角下的调制传递函数值在空间频率为15线对/毫米位置处不小于0.8。

- [权利要求 9] 根据权利要求1-8任一项的光学系统，其中，所述镜片的折射率为1.5 ~ 1.6。
- [权利要求 10] 根据权利要求1-9任一项所述的光学系统，其中，所述相位延迟膜和所述偏振透反膜贴合在所述平面上。
- [权利要求 11] 一种显示装置，包括显示屏以及权利要求1-10任一项所述的光学系统，其中，所述显示屏位于所述镜片的所述非球面远离所述平面的一侧，所述显示屏的显示面位于所述光学系统的入光侧的焦平面。
- [权利要求 12] 根据权利要求11所述的显示装置，其中，所述非球面与所述显示屏的显示面之间的距离为26 ~ 28毫米。
- [权利要求 13] 根据权利要求11或12所述的显示装置，其中，所述显示屏的显示面的最大尺寸为2 ~ 3英寸。