

光学系统以及显示装置

本申请要求于 2022 年 6 月 22 日递交的中国专利申请第
5 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

本公开的实施例涉及一种光学系统以及显示装置。

10

背景技术

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。

15 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。

发明内容

20 本公开实施例涉及一种光学系统以及显示装置。

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
25 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。

例如，根据本公开实施例，所述镜片的焦距为 160~180 毫米。

30 例如，根据本公开实施例，所述镜片的最大厚度为 6~8 毫米。

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。

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。

例如, 根据本公开实施例, 所述光学系统的最大视场角为 100° ~ 110° 。

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。

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。

例如, 根据本公开实施例, 所述镜片的折射率为 1.5~1.6。

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。

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。

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。

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。

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

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。

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。

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。

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。

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

5 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。

10 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
15 元件或者物件。

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。

20 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
25 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
30 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。

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。

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，
5 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。

10 如图 1 所示，镜片 100 为整体的镜片 100，平面 110 和非球面 120 位于整体的镜片 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。

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。

20 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。

例如，非球面 120 向远离平面 110 的一侧弯曲以形成凸面。

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。

25 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。

30 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。

5 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。

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。

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。

10 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（又称偏振光束膜）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
15 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。

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
20 光（如 s 线偏振光）进入人眼。

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。

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
25 线。

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
30 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 透射后射向出射光瞳 200, 如人眼。

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。

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。

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。

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。

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。

例如, 如图 1 和图 2 所示, 非球面 120 可以为偶次非球面(EVENASPH), 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。

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。

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。

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。

- 5 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。

- 10 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。

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。

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

- 15 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。

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° 。

- 20 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° 。

- 25 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。

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。

- 30 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°~110°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。

例如，非球面面型用下列数值公式表示：

5
$$z = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k)C^2Y^2}} + \sum_{i=2}^N \alpha_i Y^{2i}。$$

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）。

10 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。

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

15 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。

20 例如，偶次非球面的圆锥系数可以为-5~-0.5。例如，圆锥系数可以为-3~-0.8。例如，圆锥系数可以为-2~-1。

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。

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。

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。

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。

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。

5 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。

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。

10 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。

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。

20 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。

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。

25 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。

30 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。

5 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。

 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。

 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。

10 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，
15 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。

20 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。

 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
25 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。

 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
30 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。

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。

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。

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。

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。

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。

有以下几点需要说明:

(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。

(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。

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

- 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
5 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
10 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。
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。
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
15 为 6~8 毫米。
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。
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。
20 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°~110°。
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。
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
25 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。
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。
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。
30 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。

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。

- 5 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。