



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114144716 B

(45) 授权公告日 2025. 04. 08

(21) 申请号 202080052964.4

(22) 申请日 2020.07.02

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114144716 A

(43) 申请公布日 2022.03.04

(30) 优先权数据
62/876,814 2019.07.22 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.01.21

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2020/056274 2020.07.02

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/014245 EN 2021.01.28

(73) 专利权人 3M创新有限公司
地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 约翰·D·李 負智省

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理
有限公司 11112
专利代理师 张芸 龙涛峰

(51) Int.Cl.
G02B 25/00 (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01)
G02B 5/08 (2006.01)
G02B 17/00 (2006.01)
G02B 27/00 (2006.01)
G02B 27/02 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 102203660 A, 2011.09.28
审查员 郑子川

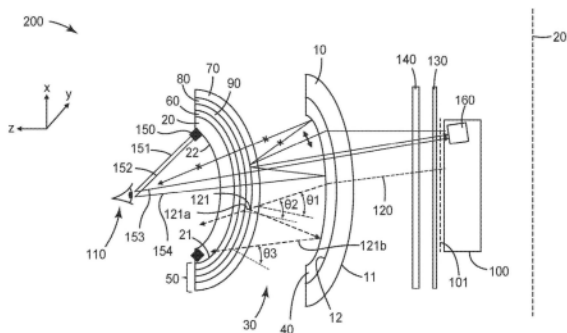
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

用于显示放大虚像的光学系统

(57) 摘要

本发明提供了一种用于向观看者显示由显示器发射的图像的放大虚像的光学系统。该光学系统包括第一透镜和第二透镜,所述第一透镜和所述第二透镜彼此面对并且由气隙间隔开以在第一透镜和第二透镜之间限定有光学腔。所述光学腔包含设置在第一透镜的主表面上的反射偏振器以及设置在第二透镜的主表面上的光学叠堆。所述光学叠堆包括吸收偏振器、第一延迟层、部分反射器以及设置在吸收偏振器和部分反射器之间的第二延迟层。所述第一透镜和/或所述第二透镜为设置在光学腔之外以控制偏振的双折射透镜。



1. 一种用于向观看者显示由显示器发射的图像的放大虚像的光学系统,所述光学系统包括:

第一透镜,所述第一透镜包括相对的第一主表面和第二主表面;以及

第二透镜,所述第二透镜包括相对的第三主表面和第四主表面,所述第三主表面和所述第二主表面彼此面对并且由气隙间隔开,所述第二主表面朝所述第三主表面是凹入的,所述第一透镜和所述第二透镜中的每一者在从约400nm延伸到约700nm的第一波长范围内的至少第一波长下具有大于约25nm的延迟量;

反射偏振器,所述反射偏振器设置在所述第二主表面上并且适形于所述第二主表面,所述反射偏振器基本上透射第一偏振态并且基本上反射正交的第二偏振态;以及

光学叠堆,所述光学叠堆设置在所述第三主表面上并且适形于所述第三主表面,所述光学叠堆包括:

吸收偏振器,所述吸收偏振器基本上透射所述第一偏振态并且基本上吸收所述第二偏振态;

第一延迟层;

部分反射器,所述部分反射器设置在所述吸收偏振器和所述

第一延迟层之间,所述部分反射器对于所述第一波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率;以及

第二延迟层,所述第二延迟层设置在所述吸收偏振器和所述部分反射器之间,所述第一延迟层和所述第二延迟层中的每一者在所述第一波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片,其中所述吸收偏振器设置为更靠近所述第三主表面,并且所述第一延迟层设置为更远离所述第三主表面。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述第三主表面朝所述第二主表面凸出,其中所述第一透镜和所述第二透镜中的每一者在至少所述第一波长下的延迟量大于约100nm,其中在所述第一波长范围内,所述第一透镜和所述第二透镜中的至少一者在蓝色波长下的延迟量大于在红色波长下的延迟量,并且其中对于具有所述第一波长的基本上法向入射光,所述反射偏振器透射至少60%的具有所述第一偏振态的所述入射光并且反射至少60%的具有所述第二偏振态的所述入射光。

3. 根据权利要求1所述的光学系统,其中对于具有所述第一波长的基本上法向入射光,所述反射偏振器透射至少80%的具有所述第一偏振态的所述入射光并且反射至少80%的具有所述第二偏振态的所述入射光,并且所述吸收偏振器透射至少80%的具有所述第一偏振态的所述入射光并且吸收至少80%的具有所述第二偏振态的所述入射光,并且其中所述第三主表面与所述第二主表面基本上同心并且具有小于所述第二主表面的直径。

4. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述第一主表面至所述第四主表面彼此基本上同心,其中对于具有所述第一波长的基本上法向入射光,所述部分反射器对于所述第一偏振态和所述第二偏振态中的每一者具有至少40%的光学反射率和至少40%的光学透射率,其中对于具有所述第一波长的基本上法向入射光,所述部分反射器对于从约750nm延伸到约1000nm的第二波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率,并且其中所述第一延迟层和所述第二延迟层中的至少一者在从约750nm延伸到约1000nm的第二波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片。

5. 根据权利要求1所述的光学系统,所述光学系统还包括:

第三延迟片和第二吸收偏振器,所述第三延迟片在所述第一波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片,所述第二吸收偏振器设置在所述第一透镜和所述第三延迟片之间并且基本上透射所述第一偏振态且基本上吸收所述第二偏振态;

眼睛跟踪系统,所述眼睛跟踪系统包括:

至少一个光源,所述至少一个光源被配置为朝所述观看者的眼睛发射在从约750nm延伸到约1000nm的第二波长范围内的光,所述眼睛将所发射的光反射为经反射的发射光;以及

至少一个检测器,所述至少一个检测器被配置为检测所述经反射的发射光,其中所述至少一个光源设置在所述第一透镜和所述第二透镜的组合的一侧上,并且所述至少一个检测器设置在所述第一透镜和所述第二透镜的所述组合的相对侧上,其中所述至少一个光源设置为靠近所述第二透镜;以及

显示器,所述显示器被配置为发射图像,所述光学系统被配置为显示所发射的图像的放大虚像以供观看者观看,其中所述显示器中包括所述至少一个检测器。

6. 一种用于向观看者显示由显示器发射的图像的放大虚像的光学系统,所述光学系统包括:

第一透镜和第二透镜,所述第一透镜和所述第二透镜彼此面对并且由气隙间隔开,所述第一透镜和所述第二透镜中的每一者在从约400nm延伸到约700nm的第一波长范围内的至少第一波长下具有大于约25nm的延迟量;

反射偏振器,所述反射偏振器设置在所述第一透镜和所述第二透镜中的一者的主表面上并且适形于所述主表面,所述反射偏振器基本上透射第一偏振态并且基本上反射正交的第二偏振态;

部分反射器,所述部分反射器设置在所述第一透镜和所述第二透镜中的另一者的与所述主表面相对的另一主表面上并且适形于所述另一主表面,所述部分反射器对于所述第一波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率;以及

第一延迟层和第二延迟层,所述第一延迟层和所述第二延迟层设置在所述主表面和所述另一主表面之间,所述第一延迟层和所述第二延迟层中的一者设置在所述反射偏振器和所述部分反射器之间且所述部分反射器设置在所述第一延迟层和所述第二延迟层之间,使得对于由所述显示器发射并且以第一入射角入射在所述第一延迟层和所述第二延迟层中的所述一者上且由所述延迟层透射的每条光线,其中透射光线朝所述第一延迟层和所述第二延迟层中的另一者传播,所述透射光线的至少第一部分以基本上等于所述第一入射角的第二入射角入射在所述第一延迟层和所述第二延迟层中的另一者上。

7. 根据权利要求6所述的光学系统,其中所述第一入射角和所述第二入射角在彼此的5度或2度内,其中所述透射光线的第二部分以不同于所述第一入射角和所述第二入射角的第三入射角入射在所述第一延迟层和所述第二延迟层中的另一者上,其中所述第三入射角和所述第一入射角之间的差值大于约10度,并且其中在首先被所述部分反射器和所述反射偏振器中的一者反射且然后被所述部分反射器和所述反射偏振器中的另一者反射之后,所述透射光线的所述第二部分入射在所述第一延迟层和所述第二延迟层中的另一者上。

8. 根据权利要求6所述的光学系统,其中所述第一延迟层和所述第二延迟层中的至少

一者对于约420nm至约670nm的波长不为四分之一波长延迟片,并且其中对于从所述第一延迟层和所述第二延迟层中的一者朝所述第一延迟层和所述第二延迟层中的另一者透射并且由所述第一延迟层和所述第二延迟层中的所述另一者透射的每条发射光线,所述第一延迟层和所述第二延迟层中的一者给所述发射光线增添延迟,并且所述第一延迟层和所述第二延迟层中的所述另一者自所述发射光线减去延迟。

9. 一种光学系统,所述光学系统包括第一透镜和第二透镜,每个透镜对于至少一个可见波长具有大于约0.02的双折射率,所述第一透镜的第一主表面和所述第二透镜的第二主表面之间限定有光学腔,其中所述光学腔基本上被空气填充并且包含:

反射偏振器,所述反射偏振器设置在所述第一透镜的所述第一主表面上并且适形于所述第一主表面,所述反射偏振器基本上透射第一偏振态并且基本上反射正交的第二偏振态;以及

光学叠堆,所述光学叠堆设置在所述第二透镜的所述第二主表面上并且适形于所述第二主表面,所述光学叠堆包括:

吸收偏振器,所述吸收偏振器基本上透射所述第一偏振态并且基本上吸收所述第二偏振态;

第一延迟层;

部分反射器,所述部分反射器设置在所述吸收偏振器和所述

第一延迟层之间,所述部分反射器对于从约400nm延伸到约700nm的第一波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率;以及

第二延迟层,所述第二延迟层设置在所述吸收偏振器和所述部分反射器之间,所述第一延迟层和所述第二延迟层中的每一者在所述第一波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片,其中所述吸收偏振器设置为更靠近所述第二主表面,并且所述第一延迟层设置为更远离所述第二主表面。

10. 一种弯曲光学叠堆,所述弯曲光学叠堆包括:

吸收偏振器,所述吸收偏振器基本上透射第一偏振态并且基本上吸收正交的第二偏振态;

第一延迟层;

部分反射器,所述部分反射器设置在所述吸收偏振器和所述第一延迟层之间,所述部分反射器对于从约400nm延伸到约700nm的第一波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率;以及

第二延迟层,所述第二延迟层设置在所述吸收偏振器和所述部分反射器之间,所述第一延迟层和所述第二延迟层中的至少一者在所述第一波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片,其中所述光学叠堆为一体化光学叠堆并且沿互相正交的方向以朝向所述第一延迟层的方向凸出的方式弯曲。

用于显示放大虚像的光学系统

技术领域

[0001] 本公开整体涉及用于显示放大虚像的光学系统,特别是具有双折射透镜的光学系统。

背景技术

[0002] 包括虚拟现实 (VR) 显示器的许多显示器尝试呈现复制真实或假想环境的真实图像。在一些应用中,VR显示器尝试提供三维环境的沉浸式模拟。

发明内容

[0003] 在本公开的一些方面,提供了一种用于向观看者显示由显示器发射的图像的放大虚像的光学系统。该光学系统包括具有相对的第一主表面和第二主表面的第一透镜。该光学系统还包括具有相对的第三主表面和第四主表面的第二透镜。第三主表面和第二主表面彼此面对并且由气隙间隔开。第二主表面朝第三主表面是凹入的。第一透镜和第二透镜中的每一者在从约400nm延伸到约700nm的第一波长范围内的至少第一波长下具有大于约25nm的延迟量。该光学系统还包括设置在第二主表面上并且适形于该第二主表面的反射偏振器。所述反射偏振器基本上透射第一偏振态并且基本上反射正交的第二偏振态。该光学系统还包括设置在第三主表面上并且适形于该第三主表面的光学叠堆。所述光学叠堆包括基本上透射第一偏振态并且基本上吸收第二偏振态的吸收偏振器。所述光学叠堆还包括第一延迟层以及设置在吸收偏振器和第一延迟层之间的部分反射器。所述部分反射器对于第一波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率。所述光学叠堆还包括设置在吸收偏振器和部分反射器之间的第二延迟层。第一延迟层和第二延迟层中的每一者在第一波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片。所述吸收偏振器设置为更靠近第三主表面,并且第一延迟层设置为更远离第三主表面。

[0004] 在本公开的一些方面,提供了一种用于向观看者显示由显示器发射的图像的放大虚像的光学系统。该光学系统包括彼此面对并且由气隙间隔开的第一透镜和第二透镜。第一透镜和第二透镜中的每一者在从约400nm延伸到约700nm的第一波长范围内的至少第一波长下具有大于约25nm的延迟量。该光学系统还包括设置在第一透镜和第二透镜的主表面上并且适形于该主表面的反射偏振器。所述反射偏振器基本上透射第一偏振态并且基本上反射正交的第二偏振态。该光学系统还包括设置在第一透镜和第二透镜的主表面上并且适形于该主表面的部分反射器。所述部分反射器对于第一波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率。该光学系统还包括设置在第一透镜的主表面和第二透镜的主表面之间的第一延迟层和第二延迟层。第一延迟层和第二延迟层被设置为使得对于由显示器发射并且以第一入射角入射在第一延迟层和第二延迟层中的一者上且由延迟层透射的每条光线,其中透射光线朝第一延迟层和第二延迟层中的另一者传播,所述透射光线的至少第一部分以基本上等于第一入射角的第二入射角入射在第一延迟层和第二延迟层中的另一者上。

[0005] 在本公开的一些方面,提供了一种光学系统,该光学系统包括第一透镜和第二透镜。每个透镜对于至少一个可见波长具有大于约0.02的双折射率。第一透镜的第一主表面和第二透镜的第二主表面之间限定有光学腔。所述光学腔包含设置在第一透镜的第一主表面上并且适形于该第一主表面的反射偏振器。所述反射偏振器基本上透射第一偏振态并且基本上反射正交的第二偏振态。所述光学腔还包含设置在第二透镜的第二主表面上并且适形于该第二主表面的光学叠堆。所述光学叠堆包括基本上透射第一偏振态并且基本上吸收第二偏振态的吸收偏振器。所述光学叠堆还包括第一延迟层以及设置在吸收偏振器和第一延迟层之间的部分反射器。所述部分反射器对于从约400nm延伸到约700nm的第一波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率。所述光学叠堆还包括设置在吸收偏振器和部分反射器之间的第二延迟层。第一延迟层和第二延迟层中的每一者在第一波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片。所述吸收偏振器设置为更靠近第二主表面,并且第一延迟层设置为更远离第二主表面。

[0006] 在本公开的一些方面,提供了一种弯曲光学叠堆。该弯曲光学叠堆包括基本上透射第一偏振态并且基本上吸收正交的第二偏振态的吸收偏振器。该弯曲光学叠堆还包括第一延迟层以及设置在吸收偏振器和第一延迟层之间的部分反射器。所述部分反射器对于从约400nm延伸到约700nm的第一波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率。该弯曲光学叠堆还包括设置在吸收偏振器和部分反射器之间的第二延迟层。第一延迟层和第二延迟层中的至少一者在第一波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片。该光学叠堆为一体化光学叠堆并且沿互相正交的方向弯曲。

附图说明

[0007] 将参考附图更详细地讨论本公开的各个方面,其中,

[0008] 图1是示出根据本公开的一些方面的光学系统的示意图;以及

[0009] 图2是根据一些实施方案的光学系统的示意图。

[0010] 图未必按照比例绘制。图中使用的相似数字指代相似的部件。然而,应当理解,在给定图中使用数字指代部件不旨在限制另一图中用相同数字标记的部件。

具体实施方式

[0011] 在以下说明中参考附图,该附图形成本发明的一部分并且其中以举例说明的方式示出各种实施方案。应当理解,在不脱离本说明书的范围或实质的情况下,可设想并进行其他实施方案。因此,以下具体实施方式不应被视为具有限制意义。

[0012] 虽然模制塑料透镜的制造成本低于玻璃透镜的制造成本,但模制塑料在偏振光学器件中的应用由于其双折射而受到限制。对于折叠光学器件应用,期望控制折叠光学器件腔中的偏振。除了四分之一波板(QWP)之外,存在于折叠光学器件腔中的双折射材料可使偏振复杂化并损害QWP性能,并且可在系统中产生更多的直射光泄漏。

[0013] 设计其中双折射透镜材料设置在折叠光学器件腔之外的光学系统可有助于控制偏振。此外,设计具有QWP-半反射镜-QWP结构的光学系统,使得直射光线泄漏以相同或相似的入射角行进穿过两个QWP,可有助于控制偏振和直射光泄漏。

[0014] 图1是示出根据本说明书的一些实施方案的光学系统200的示意图。光学系统200

可被描述为折叠光学系统,其中光束在其横穿系统时弯曲,使得光的光学路径长于系统的长度。本文所公开的光学系统采用折叠光学器件,并且可用于例如头戴式显示器诸如虚拟现实显示器,相机诸如包括在手机中的相机,以及智能手表。这些系统可以紧凑配置提供具有高视场、高对比度、低色差、低失真和/或高效率的可用于各种应用中的光学系统。

[0015] 光学系统(200)被配置为显示图像(101)的放大虚像(201)。在一些实施方案中,该光学系统包括被配置为发射图像(101)的显示器(100),并且该光学系统被配置为显示所发射图像的放大虚像(201)以供观看者(110)观看。显示器(100)可包括一个或多个LED,其在一些情况下包括一个或多个激光二极管。可将若干个此类LED组合起来以产生所需的光的光谱分布。显示器可具有红色、绿色和蓝色子元素以提供全彩图像。例如,可将发红光、发绿光和发蓝光的LED的输出组合起来以提供标称的白光,或者可替代地或另外地使用发白光的LED。在一些实施方案中,显示器(100)可为任何合适类型的显示器,包括例如液晶显示器(LCD)和有机发光二极管(OLED)显示器。显示器(100)可为基本上平坦的或平面的,或者可为弯曲的,或者可包括相对于彼此以钝角设置的多个平坦的或平面的面板。在一些实施方案中,由显示器(100)发射的图像(101)可为基本上偏振的。在其它实施方案中,所发射的图像可为基本上非偏振的。

[0016] 该光学系统包括彼此面对并且由气隙(30)间隔开的第一透镜(10)和第二透镜(20)。在一些实施方案中,第一透镜(10)包括相对的第一主表面(11)和第二主表面(12),并且第二透镜(20)包括相对的第三主表面(21)和第四主表面(22)。在一些方面,第一主表面至第四主表面(11,12;21,22)可彼此基本上同心。在一些实施方案中,第二透镜(20)的第三主表面(21)和第一透镜(10)的第二主表面(12)彼此面对并且由气隙(30)间隔开。第二主表面(12)朝第三主表面(21)是凹入的。在一些实施方案中,第二透镜(20)的第三主表面(21)朝第一透镜(10)的第二主表面(12)凸出。在一些实施方案中,第三主表面(21)可与第二主表面(12)基本上同心,并且可具有小于该第二主表面的直径。第一透镜和第二透镜(10,20)中的每一者在第一波长范围内的至少第一波长下具有大于约25nm的延迟量。

[0017] 在一些实施方案中,第一波长范围可从约400nm延伸到约700nm。在一些配置中,第一波长范围可包括约550nm的波长。在一些配置中,第一波长范围内的第一波长可为蓝色原色波长、或绿色原色波长、或红色原色波长。在一些方面,第一波长范围可为光学系统被设计用于在其中操作的任何波长范围。在一些方面,至少第一波长包括蓝色波长、绿色波长和红色波长中的每一者中的至少一者。

[0018] 在一些实施方案中,第一透镜(10)和第二透镜(20)中的每一者在至少第一波长下的延迟量可大于约50nm。在一些其它实施方案中,第一透镜和第二透镜(10,20)中的每一者在至少第一波长下的延迟量可大于约100nm。在其它实施方案中,第一透镜和第二透镜(10,20)中的每一者在至少第一波长下的延迟量可大于约200nm。在一些方面,在第一波长范围内,第一透镜(10)和第二透镜(20)中的至少一者在蓝色波长下的延迟量大于在红色波长下的延迟量。

[0019] 根据一些实施方案,第一透镜(10)和第二透镜(20)中的每一者对于至少一个可见波长具有大于约0.02的双折射率。在其它实施方案中,每个透镜对于至少一个可见波长可具有大于约0.05、或大于约0.075、或大于约0.1的双折射率。在一些实施方案中,第一透镜和第二透镜(10,20)中的每一者可由具有高双折射率的塑料制成。在一些实施方案中,第一

透镜(10)的双折射率可小于第二透镜(20)的双折射率。在一些实施方案中,第一透镜(10)可由具有低双折射率的玻璃制成,并且第二透镜(20)可由双折射率大于第一透镜(10)的双折射率的塑料制成。

[0020] 该光学系统包括设置在第一透镜(10)和第二透镜(20)的主表面上并且适形于该主表面的反射偏振器(40)。在例示的实施方案中,反射偏振器(40)设置在第一透镜(10)的第二主表面(12)上并且适形于该第二主表面。在其它实施方案中,反射偏振器(40)设置在第一透镜(10)的第一主表面(11)上并且适形于该第一主表面。在第一波长范围内,反射偏振器(40)基本上透射具有正交的第一偏振态和第二偏振态中的一者(例如,电场沿着x轴的第一偏振态)的光,并且基本上反射具有第一偏振态和第二偏振态中的另一者(例如,电场沿着y轴的第二偏振态)的光。在一些实施方案中,对于具有第一波长的基本上法向入射光,如果至少60%的在第一波长下具有第一偏振态的入射光的透射穿过偏振器(40),则可以说反射偏振器基本上透射在第一波长下具有第一偏振态的光。在一些实施方案中,至少70%或至少80%的在第一波长下具有第一偏振态的入射光透射穿过偏振器(40)。在一些实施方案中,对于具有第一波长的基本上法向入射光,如果至少60%的在第一波长下具有第二偏振态的入射光从反射偏振器(40)反射,则可以说反射偏振器基本上反射在第一波长下具有第二偏振态的光。在一些实施方案中,至少70%或至少80%的在第一波长下具有第二偏振态的入射光从偏振器(40)反射。

[0021] 在本说明书的光学系统中使用的反射偏振器(40)可为任何合适类型的反射偏振器。所述反射偏振器可为可基本上单轴取向的聚合物多层光学膜,如其它地方进一步描述的。基本上单轴取向的反射偏振器可以商品名Advanced Polarizing Film 5或APF购自3M公司(3M Company)。也可使用其他类型的多层光学膜反射偏振器(例如,购自3M公司的反射式偏光增亮膜或DBEF)。在一些实施方案中,使用其它类型的反射偏振器(例如,线栅偏振器)。

[0022] 根据一些实施方案的光学系统(200)包括设置在第三主表面(21)上并且适形于该第三主表面的光学叠堆(50)。在一些实施方案中,所述光学叠堆可为一体化光学叠堆并且沿互相正交的方向弯曲。在所述光学叠堆(50)为弯曲光学叠堆的一些实施方案中,所述光学叠堆包括至少吸收偏振器(60)、第一延迟层(70)、第二延迟层(90)和部分反射器(80)。在一些配置中,吸收偏振器(60)设置为更靠近第二透镜(20)的第三主表面(21),并且第一延迟层(70)设置为更远离第二透镜(20)的第三主表面(21)。在一些实施方案中,第一延迟层和第二延迟层(70,90)中的每一者在至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片。

[0023] 在一些其它实施方案中,第一透镜(10)的第一主表面(12)和第二透镜(20)的第二主表面(21)之间限定有光学腔(30)。在一些实施方案中,所述光学腔可基本上被空气填充。光学腔(30)包含设置在第一透镜(10)的第一主表面(12)上并且适形于该第一主表面的反射偏振器(40)以及设置在第二透镜(20)的第二主表面(21)上并且适形于该第二主表面的光学叠堆(50)。反射偏振器(40)基本上透射第一偏振态(x轴)并且基本上反射正交的第二偏振态(y轴)。光学叠堆(50)包括吸收偏振器、第一延迟层(70)、部分反射器(80)和第二延迟层(90),如本公开中其它地方所诠释的。在一些方面,吸收偏振器(60)可设置为更靠近第二透镜(20)的第二主表面(21),并且第一延迟层(70)可设置为更远离第二透镜(20)的第二主表面(21)。

[0024] 在第一波长范围内,吸收偏振器(60)基本上透射具有正交的第一偏振态和第二偏振态中的一者(例如,电场沿着x轴的第一偏振态)的光,并且基本上吸收具有第一偏振态和第二偏振态中的另一者(例如,电场沿着y轴的第二偏振态)的光。在一些实施方案中,对于具有第一波长的基本上法向入射光,如果至少60%的在第一波长下具有第一偏振态的入射光的透射穿过吸收偏振器(60),则可以说吸收偏振器基本上透射在第一波长下具有第一偏振态的光。在一些实施方案中,至少70%或至少80%的在第一波长下具有第一偏振态的入射光透射穿过吸收偏振器(60)。在一些实施方案中,对于具有第一波长的基本上法向入射光,如果至少60%的在第一波长下具有第二偏振态的入射光被吸收偏振器(60)吸收,则可以说吸收偏振器基本上吸收在第一波长下具有第二偏振态的光。在一些实施方案中,至少70%或至少80%的在第一波长下具有第二偏振态的入射光被吸收偏振器(60)吸收。

[0025] 在一些实施方案中,吸收偏振器(60)可为掺杂碘的聚乙烯醇(PVA)偏振器。此类偏振器包括用碘浸渍的取向PVA层。在其它实施方案中,使用其它类型的吸收偏振器(例如,用有机染料浸渍的取向聚合物偏振器)。

[0026] 在一些实施方案中,部分反射器(80)设置在第一透镜和第二透镜(10,20)的主表面上并且适形于该主表面。在一些方面,部分反射器(80)可设置在吸收偏振器(60)和第一延迟层(70)之间。所述部分反射器对于第一波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率。

[0027] 在本公开的透镜中使用的部分反射器(80)可为任何合适的部分反射器。例如,部分反射器(80)可通过将金属(例如,银或铝)的薄层涂覆在透明的基板(例如,可随后粘附到透镜上的膜,或基板可为透镜)上来构造。部分反射器也可通过例如将薄膜电介质涂层沉积到透镜基板的表面上,或者通过将金属和电介质涂层的组合沉积在表面上来形成。部分反射器可以是例如半反射镜。

[0028] 在一些实施方案中,部分反射器(80)具有在第一波长下或在第一波长范围内的平均光学反射率和平均光学透射率,该平均光学反射率和该平均光学透射率各自在20%至80%的范围内、或各自在30%至70%的范围内、或各自在40%至60%的范围内、或各自在45%至55%的范围内。除非另外指明,否则在第一波长范围内的平均光学反射率和平均光学透射率分别是指在法向入射下确定的在预定波长范围内以及在光学反射率和光学透射率的偏振上的未加权平均值。

[0029] 在一些实施方案中,对于具有第一波长的基本上法向入射光,部分反射器对于第一偏振态和第二偏振态中的每一者具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率。在一些其它实施方案中,对于具有第一波长的基本上法向入射光,部分反射器对于第一偏振态和第二偏振态中的每一者具有至少40%的光学反射率和至少40%的光学透射率。在一些其它实施方案中,对于具有第一波长的基本上法向入射光,部分反射器对于从约750nm延伸到约1000nm的第二波长范围内的至少一个波长具有至少30%的光学反射率和至少30%的光学透射率。

[0030] 在一些实施方案中,部分反射器(80)可为反射偏振器或者可具有偏振相关反射率。然而,通常优选的是,法向入射的光学反射率和光学透射率独立于或基本上独立于入射光的偏振态。例如,可使用基本上各向同性的金属层和/或介电层来获得此类偏振独立性。

[0031] 在一些配置中,第二延迟层(90)可设置在吸收偏振器(60)和部分反射器(80)之

间。在一些实施方案中,第一延迟层和第二延迟层中的至少一者或两者在第一波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片。在一些方面,第一延迟层和第二延迟层(70,90)中的至少一者在从约750nm延伸到约1000nm的第二波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片。在一些其它方面,第一延迟层和第二延迟层中的至少一者对于约420nm至约670nm的波长不为四分之一波长延迟片。

[0032] 在一些实施方案中,第一延迟层(70)和第二延迟层(90)设置在第一透镜的主表面(11)和第二透镜的主表面(21)之间。如图1和图2中最佳地示出,第一延迟层和第二延迟层(70,90)被设置为使得由显示器发射的每条光线(120)以第一入射角(θ_1)入射在第一延迟层和第二延迟层中的一者(70)上。入射光线(120)由延迟层(70)透射,其中透射光线(121)朝第一延迟层和第二延迟层中的另一者(90)传播。透射光线(121)的至少第一部分(121a)以基本上等于第一入射角(θ_1)的第二入射角(θ_2)入射在所述第一延迟层和所述第二延迟层中的另一者(90)上。在一些方面,第一入射角(θ_1)和第二入射角(θ_2)在彼此的5度内,或者在彼此的4度或3度内。在一些其它方面,第一入射角(θ_1)和第二入射角(θ_2)在彼此的2度内。透射光线(121)的第二部分(121b)以第三入射角(θ_3)入射在第一延迟层和第二延迟层中的另一者(90)上。在首先被部分反射器(80)和反射偏振器(40)中的一者反射且然后被部分反射器(80)和反射偏振器(40)中的另一者反射之后,透射光线(121)的第二部分(121b)入射在第一延迟层和第二延迟层中的另一者(90)上。透射光线(121)的第二部分(121b)入射在第一延迟层和第二延迟层中的另一者(90)上的第三入射角(θ_3)不同于第一入射角(θ_1)和第二入射角(θ_2)。在一些方面,第三(θ_3)入射角和第一入射角(θ_1)之间的差值可大于约10度、或大于约12度、或大于约15度。

[0033] 在一些实施方案中,对于由第一延迟层和第二延迟层中的一者(70)朝第一延迟层和第二延迟层中的另一者(90)透射并且由第一延迟层和第二延迟层中的另一者透射的每条发射光线(120),第一延迟层和第二延迟层中的一者(70)给所述发射光线增添延迟,并且第一延迟层和第二延迟层中的另一者(90)自所述发射光线减去延迟。

[0034] 在一些配置中,光学系统(200)包括第三延迟片(130),并且第二吸收偏振器(140)可设置在第一透镜(10)和第三延迟片(130)之间。在第一波长范围内,第二吸收偏振器(140)基本上透射具有正交的第一偏振态和第二偏振态中的一者(例如,电场沿着x轴的第一偏振态)的光,并且基本上吸收具有第一偏振态和第二偏振态中的另一者(例如,电场沿着y轴的第二偏振态)的光。第三延迟片(130)可在从约400nm延伸到约700nm的第一波长范围内的至少一个波长下基本上为四分之一波长延迟片。

[0035] 在某些实施方案中,第一延迟层、第二延迟层和第三延迟层(70,90,130)可为层合膜或薄涂层。用于形成四分之一波长延迟片的合适涂层包括但不限于例如直线光致聚合型聚合物(LPP)材料和液晶聚合物(LCP)材料,如PCT公布WO 2018/178817(Steiner等人)所描述的。在一些方面,第一延迟层和第二延迟层中的至少一者(70,90)可为多层延迟片。在一些实施方案中,第一延迟层和第二延迟层中的至少一者可在至少一个波长下基本上为四分之三波长延迟片。

[0036] 在本公开的一些方面,可在光学系统(200)中提供眼睛跟踪系统。所述眼睛跟踪系统包括至少一个光源(150),所述至少一个光源被配置为朝观看者(110)的眼睛发射在从约750nm延伸到约1000nm的第二波长范围内的光(151,152)。在一些方面,至少一个光源(150)

可设置在第一透镜(10)和第二透镜(20)的组合的一侧上。例如,在一些实施方案中,至少一个光源(150)可设置为靠近第二透镜(20)。眼睛将所发射的光反射为经反射的发射光(153, 154),并且至少一个检测器(160)被配置为检测经反射的发射光(153, 154)。在一些方面,至少一个检测器(160)可设置在第一透镜和第二透镜(10, 20)的组合的相对侧上。在一些实施方案中,所述光学系统包括被配置为发射图像(101)的显示器(100),其中所述显示器包括至少一个检测器(160),并且所述光学系统被配置为显示所发射的图像的放大虚像(201)以供观看者(110)观看。

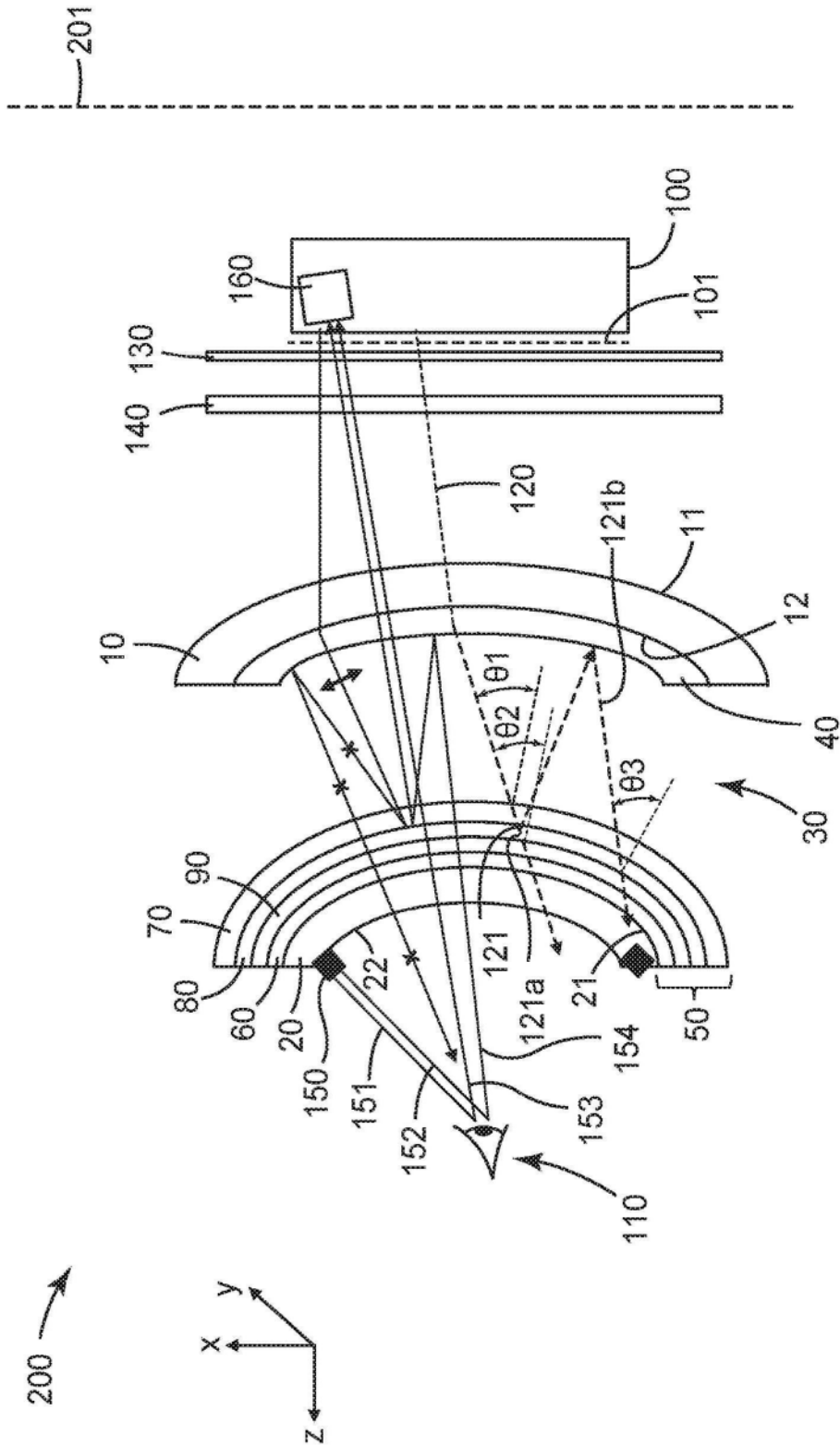


图1

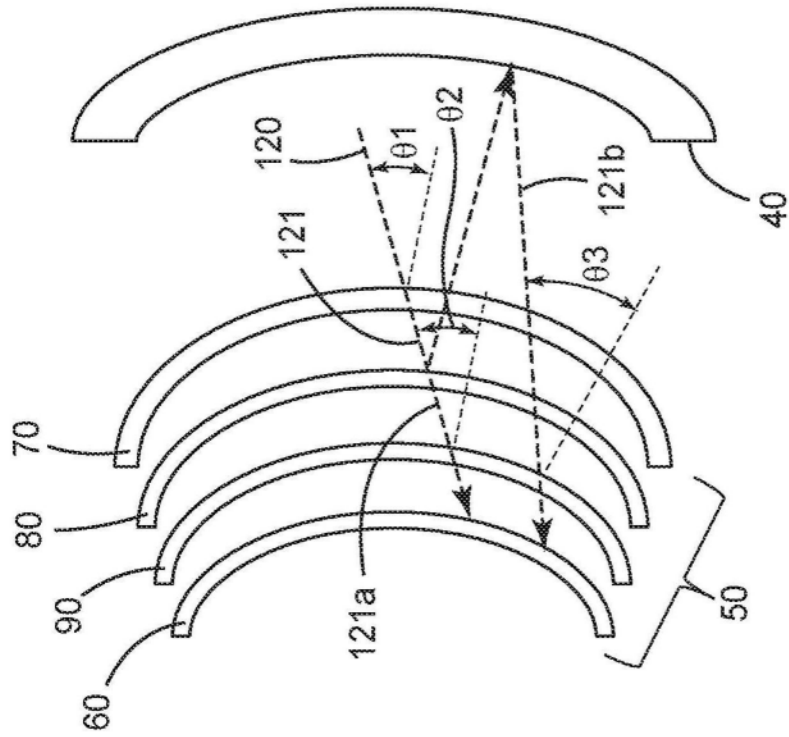


图2