



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118131484 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 04

(21) 申请号 202410266005.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2020.05.06

G02B 27/01 (2006.01)

(30) 优先权数据

G02B 27/14 (2006.01)

62/843,644 2019.05.06 US

G02B 6/00 (2006.01)

62/844,771 2019.05.08 US

(62) 分案原申请数据

202080014384.6 2020.05.06

(71) 申请人 鲁姆斯有限公司

地址 以色列

(72) 发明人 乔纳森·基尔柏格

齐翁·艾森菲尔德

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

公司 11227

专利代理师 王伟楠 何方

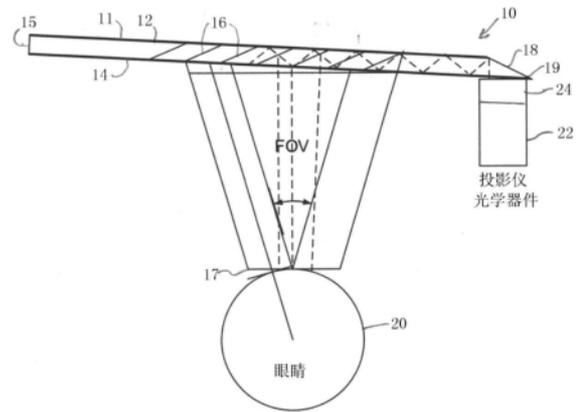
权利要求书1页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

光导光学元件

(57) 摘要

本申请公开了光导光学元件LOE,用于由观看者的眼睛同时观看真实场景和投影图像,投影图像由在第一取向上偏振的光传送并且被引入到LOE,LOE包括:透明材料块,其具有第一主表面以及平行于第一主表面的第二主表面,使得传送被引入到LOE的投影图像的光通过第一主表面和第二主表面处的内反射在LOE内传播,以及多个相互平行的部分反射表面,其在块的内部并且相对于第一主表面倾斜地定向,以使光中的一部分朝向观看者的眼睛耦出,其中,部分反射表面中的每个部分反射表面在与主表面垂直的方向上对在第二取向上偏振的光的反射率小于该部分反射表面在该方向上对在第一取向上偏振的光的反射率的三分之一,第二取向与所述第一取向正交。



1. 一种光导光学元件LOE,用于由观看者的眼睛同时观看真实场景和投影图像,所述投影图像由在第一取向上偏振的光传送并且被引入到所述LOE,所述LOE包括:

透明材料块,其具有第一主表面以及平行于所述第一主表面的第二主表面,使得传送被引入到所述LOE的投影图像的光通过所述第一主表面和所述第二主表面处的内反射在所述LOE内传播,以及

多个相互平行的部分反射表面,其在所述块的内部并且相对于所述第一主表面倾斜地定向,以使所述光中的一部分朝向所述观看者的眼睛耦出,

其中,所述部分反射表面中的每个部分反射表面在与所述主表面垂直的方向上对在第二取向上偏振的光的反射率小于该部分反射表面在所述方向上对在所述第一取向上偏振的光的反射率的三分之一,所述第二取向与所述第一取向正交。

2. 根据权利要求1所述的LOE,其中,所述第一偏振取向相对于所述部分反射表面是S偏振的。

3. 根据权利要求2所述的LOE,其中,所述部分反射表面在包括与所述第一主表面垂直的方向的至少约30度的角度范围内对P偏振基本透明。

4. 一种光导光学元件LOE,用于由观看者的眼睛同时观看真实场景以及被引入到所述LOE的投影图像,所述LOE包括:

透明材料块,其具有第一主表面以及平行于所述第一主表面的第二主表面,使得传送被引入到所述LOE的投影图像的光通过所述第一主表面和所述第二主表面处的内反射沿所述LOE在第一方向上传播,在外部与所述第一主表面平行的平面中限定了给定大小的眼动箱,以及

多个相互平行的部分反射表面,其在所述块的内部、沿所述第一方向顺序地布置并且相对于所述第一主表面倾斜地定向,以使所述光中的一部分朝向所述眼动箱耦出,

其中,所述部分反射表面的序列中的最后一个部分反射表面对所述光中从所述最后一个部分反射表面朝向所述眼动箱内的任何点耦出的部分的反射率是所述最后一个部分反射表面对在与所述第一主表面和所述第二主表面垂直的方向上行进的光的反射率的至少两倍。

5. 根据权利要求4所述的LOE,其中,所述部分反射表面的序列中的最后一个部分反射表面对所述光中从所述最后一个部分反射表面朝向所述眼动箱内的任何点耦出的部分的反射率是所述最后一个部分反射表面对在与所述第一主表面和所述第二主表面垂直的方向上行进的光的反射率的至少四倍。

光导光学元件

[0001] 本申请为于2021年8月13日提交、申请号为202080014384.6、发明名称为“用于观看场景的透明光导和近眼显示器”的中国专利申请的分案申请。所述母案申请的国际申请日为2020年5月6日,国际申请号为PCT/IB2020/054289。

技术领域

[0002] 本发明总体上涉及头戴式显示装置,并且特别涉及作为这样的装置的一部分的光导光学元件。

背景技术

[0003] 由观看者佩戴的用于同时观看真实场景以及来自显示装置的投影图像的装置是众所周知的,并且通常被称为“头戴式显示器”(HMD)或“近眼显示器”(NED)。这样的装置通常被构造为要配戴在观看者的头上的头盔或面具或者护目镜或眼镜,并且包括一个或两个图像投影仪(每个图像投影仪包括电光显示部件)和光学部件,以将投影图像传送到观看者的眼睛中。在本领域中已知的HMD的一些配置中,一个这样的光学部件是光导,其被定位在观看者的每只眼睛的前面。

[0004] 这样的光导(也可互换地称为“波导”或“基板”)用于扩大视场(即,显示部件的屏幕的角度大小)和观看窗口(即,观看者的眼睛可以被定位于其中以观看整个显示屏的窗口,也被称为“眼动箱”)。通常,这样的光导是透明材料的块(或平板),其具有两个平行的主表面,传送从显示部件投影的准直图像的光沿该主表面通过全内反射传播。块包括结构性耦出装置,其功能使得光的一部分穿过主表面之一朝向观看者的对应的眼睛耦出。

[0005] 在被称为衍射光导的光导的一些配置中,耦出装置包括主表面之一中或两个主表面中的衍射结构。在被称为反射光导——特别是被称为“光导光学元件”(LOE)——的其他配置中,耦出装置包括在块内部的一组成斜角的相互平行的部分反射表面(也可互换地称为小平面)。

[0006] 在一些情况下,例如当HMD为眼镜形式时,可能期望耦出装置对于外部观察者而言较不可见或甚至不可见。

发明内容

[0007] 本发明试图提供对头戴式显示器(HMD)中使用的光导的改进,使得将减少由外部观察者在通过这样的光导观察佩戴HMD的观看者的面部时否则会经历的不期望的可见性影响。这样的影响可能由以下引起:从观看者的眼睛和面部反射的光中的一部分被耦合到光导中,从而减弱了到达外部观察者的光,导致在外部观察者的视野中光导明显变暗并且遮挡观看者的面部和眼睛。现有技术的光导中的另一不期望的可见性影响可能由光导内的以下光引起:该光从端面反射并且向后传播,从而其被朝向外外部观察者耦出,外部观察者将其感知为眩光。因此,本发明的某些实施方式提供了各种技术,以增加在观看者的面部与外部观察者之间穿过光导的光透射并且减少从光导朝向外外部观察者投射的其他光的量。

[0008] 将通过非排他性示例的方式、从包括部分反射表面的光导的配置的实施方式方面描述改进。现有技术的这样的反射光导或光导光学元件 (LOE) 在例如题为“Substrate-guided optical beam expander (基板引导的光束扩展器)”的美国专利第6,829,095号中描述,并且该专利通过引用并入本文。然而,根据本发明的改进整体或部分地也适用于用于HMD的光导的其他实施方式和配置。

[0009] 具体地,公开了一种光导光学元件 (LOE),用于由观看者的眼睛同时观看真实场景以及被引入到LOE的投影图像,LOE包括:

[0010] 透明材料块,其具有第一主表面以及平行于第一主表面的第二主表面,使得被引入到LOE的传送投影图像的光通过第一主表面和第二主表面处的内反射在LOE内传播,以及

[0011] 多个相互平行的部分反射表面,其在块的内部并且相对于第一主表面倾斜地定向,部分反射表面被配置成使光中的一部分穿过第二主表面耦出,

[0012] 其中,部分反射表面中的每一个的反射率使得耦出的光的总功率小于被引入到LOE的传送投影图像的光的总功率的三分之一。

[0013] 在一些实施方式中,部分反射表面中的每一个的反射率使得耦出的光的总功率小于被引入到LOE的传送投影图像的光的总功率的五分之一,并且在实施方式中的一些实施方式中小于十分之一。

[0014] 在一些实施方式中,部分反射表面中的每一个的反射率小于13%,并且在一些实施方式中小于5%。

[0015] 还公开了一种光导光学元件 (LOE),用于由观看者的眼睛同时观看真实场景和投影图像,该投影图像由在第一取向上偏振的光传送并且被引入到LOE,LOE包括:

[0016] 透明材料块,其具有第一主表面以及平行于第一主表面的第二主表面,使得被引入到LOE的传送投影图像的光通过第一主表面和第二主表面处的内反射在LOE内传播,以及

[0017] 多个相互平行的部分反射表面,其在块的内部并且相对于第一主表面倾斜地定向,以使光中的一部分朝向观看者的眼睛耦出,

[0018] 其中,部分反射表面中的每个部分反射表面在与主表面垂直的方向上对在第二取向上偏振的光的反射率小于该部分反射表面在该方向上对在第一取向上偏振的光的反射率的三分之一,第二取向与第一取向正交。

[0019] 第一偏振取向相对于部分反射表面是S偏振的。在一些实施方式中,部分反射表面在包括垂直于第一主表面的方向的至少约30度的角度范围内对P偏振基本透明。

[0020] 还公开了一种光导光学元件 (LOE),用于由观看者的眼睛同时观看真实场景以及被引入到LOE的投影图像,LOE包括:

[0021] 透明材料块,其具有第一主表面以及平行于第一主表面的第二主表面,使得被引入到LOE的传送投影图像的光通过第一主表面和第二主表面处的内反射沿LOE在第一方向上传播,在外部的并且平行于第一主表面的平面中限定了给定大小的眼动箱,以及

[0022] 多个相互平行的部分反射表面,其在块的内部、沿第一方向顺序地布置并且相对于第一主表面倾斜地定向,以使光中的一部分朝向眼动箱耦出,

[0023] 其中,部分反射表面的序列中的最后的部分反射表面对从该最后的部分反射表面朝向眼动箱内的任何点耦出的光中的部分的反射率是该最后的部分反射表面对在垂直于第一主表面和第二主表面的方向上行进的光的反射率的至少两倍。

[0024] 在一些实施方式中,部分反射表面的序列中的最后的部分反射表面对从该最后的部分反射表面朝向眼动箱内的任何点耦出的光中的部分的反射率是该最后的部分反射表面对在垂直于第一主表面和第二主表面的方向上行进的光的反射率的至少四倍。

[0025] 在实施方式中的一些实施方式中,块具有端面,在LOE内传播的穿过部分反射表面的光照射在端面上,其中,端面涂覆有光吸收层,光吸收层被配置成吸收被引入到LOE中并且未被耦出的光。光吸收层可以被实现为施加到粗糙端面的黑色涂料。

[0026] 还公开了一种光学系统,用于由观看者同时观看自然场景以及近眼图像投影仪上的图像,光学系统包括:

[0027] 根据权利要求1至10中任一项的LOE;以及

[0028] 支承结构,支承结构被部署成将LOE支承在观看者的头部上并且使LOE与观看者的至少一只眼睛呈面向关系。

附图说明

[0029] 本文中仅通过示例的方式,参照附图描述本发明,在附图中:

[0030] 图1A是用于头戴式显示器(HMD)中的示例性光导光学元件(LOE)的截面俯视图;

[0031] 图1B是由外部观察者感知的图1A的LOE的示意性前视图。

[0032] 图2是示出与现有技术的LOE中的部分反射表面的典型反射率值相比,沿根据本发明的LOE的部分反射表面的典型反射率值的图。

[0033] 图3A是示出关于现有技术的LOE中的部分反射表面的两个不同的正交偏振取向的典型反射率值的图。

[0034] 图3B是示出关于根据本发明的LOE中的部分反射表面的两个不同的正交偏振取向的典型反射率值的图。

[0035] 图4A是图1A的LOE的截面俯视图,其示出了某些光线追迹;

[0036] 图4B是图4A的LOE中的细节的放大视图。

[0037] 图4C是在图1B的LOE的三个部分反射表面根据方向的反射率的图。

[0038] 图5A和图5B各自是图4A的LOE的截面俯视图,分别示出了不具有和具有光吸收层的端面。

具体实施方式

[0039] 图1A通过介绍的方式示意性地示出了头戴式显示器(HMD),该HMD在该示例中被形成为要由观看者佩戴的眼镜,该HMD包括具有部分反射表面的光导光学元件(LOE)10,在佩戴HMD时,LOE 10被定位在观看者的眼睛20的前面。此外,HMD还包括-

[0040] -图像投影仪22(其又包括电光显示装置或空间光调制器,例如LCOS装置),其操作以根据向其馈送的信号生成图像;以及准直光学组件,其被配置成投影与图像的准直版本对应的光——未全部示出)以及

[0041] -耦合光学器件24,以将投影图像耦合到LOE 10。

[0042] 在HMD的一些配置中,可以存在与一只眼睛相关联的单个图像投影仪,在其他配置中,可以存在各自与观察者的眼睛中的对应眼睛相关联的两个图像投影仪,而在又一些其他配置中,可以存在单个图像投影仪,其被布置成将图像投影到与对应的眼睛相关联的两

个LOE中,或者投影到在两只眼睛前面延伸的单个长LOE中。

[0043] 在图1A中以水平截面图示出了光导光学元件 (LOE) 10,其中具有对当准直图像中的选择的光线在LOE内传播并且朝向观察者传播出去时的选择的光线的追踪。LOE 10基本上是纵长型块11,其由透明材料制成,并且具有两个相互平行的主表面——前表面12和后表面14。在块11的一端附近存在与入射窗相关联的耦入装置,通过该耦入装置准直图像被引入到LOE中。在该示例中,耦入装置是斜反射表面18,在后表面14上与该反射表面相邻地限定了入射窗19。在其他LOE中,例如,入射窗可以在附接至主表面之一的成角度的棱镜上,或者入射窗可以在块的端面处。块11中嵌入有全部相互平行的一系列斜的部分反射表面16,这些部分反射表面被称为“小平面”。相邻于整组部分反射表面16、在距后表面14一定距离且平行于后表面14处限定有观察区域17,该观察区域17也被称为眼动箱,其表示以下区域:观看者的眼睛可以位于该区域中以便能够观看整个图像,从而允许眼睛的运动以及相对于眼睛20放置HMD的一些余地。

[0044] 注意,尽管在示出的示例中,入射窗在后表面上,但是在HMD的其他配置中,对应的LOE可以配置有在块11的前表面或端面上的入射窗。本发明还处理了这样的配置。

[0045] 如选择的光线所示,来自耦合光学器件24的图像传送光穿过入射窗19进入块11,并且在该示例中被斜的反射表面18偏转以在经历来自主表面12和14的全内反射的同时沿块11传播。在入射窗在端面上的配置中,进入其中的光可以直接行进(即,不发生偏转)以沿块传播。在该传播期间,光被部分反射表面(小平面)16拦截,并且光的一部分被偏转或耦出到观看窗口(眼动箱)17。

[0046] 为任何近眼显示装置(例如,增强现实装置以及虚拟现实装置)设计LOE的关键挑战之一是使从光源到观看者的眼睛的光通量最大化,以减少能量消耗,从而延长电池寿命。因此,在现有技术的反射LOE设计中,通常的做法是使小平面的总反射率最大化,以使到达观看者的眼睛的图像强度最大化。同时,小平面的反射率通常在小平面之间变化,以实现跨视场的以及在观看窗口上的由观看者感知到的均匀强度图像。更具体地,当光沿块11传播并且光的一部分被第一小平面耦出时,剩余的光的强度减小,从而要求随后的小平面具有相应较高的反射率,使得耦出的光的强度保持不变;因此,光被拦截的最后的小平面应当具有最高的反射率。

[0047] 设计LOE(特定于作为HMD的一部分的LOE)的另一挑战是LOE对于使观看者也能清楚地看到自然场景而言必须足够透明。该要求与以上提及的对小平面的最大反射率的要求的冲突之处在于:高反射率实际上等同于低透射率,低透射率又使从自然场景到达观看者的眼睛的光减弱。因此,用于HMD的传统LOE的设计经受折衷,由此小平面的反射率被成比例地减小,以实现来自自然场景的光的透射率的期望的最小值。

[0048] 然而,在某些传统LOE设计中,小平面对于外部观察者仍然基本可见(如上面的“发明内容”部分提及的)。这是由于小平面的透射率相对低,从而使从观看者的面部和眼睛20反射、沿通常垂直于LOE的块11的主表面12和14的方向穿过块、到外部观察者的眼睛(未显示)的光减弱。该效果在图1B中示意性地示出,图1B是LOE 10的其对外部观察者将呈现的前视图。这里,小平面16显示为变化的暗色的条带,因而使观看者的面部模糊;最左边的小平面呈现最暗色,这是由于其设计有最高的反射率,并且因此具有最低的透射率。在这些设计中,小平面还可能产生外部观察者可见的眩光,这是由于剩余的传播光从块11的端面15反

射并且由小平面对出穿过前主表面12朝向观察者的眼睛。

[0049] 在下文中,将描述光导光学元件的示例性实施方式,该示例性实施方式包括新颖的特征,这些新颖的特征被设计成减小上述效果,例如小平面对外部观看者的可见性。将根据适当的示例性实施方式来描述这些特征中每一个。然而,如本领域普通技术人员容易想到的,一些其他实施方式可以同时包括这些特征中的两个或更多个特征。此外,这些特征中的一些或全部特征可以被包括在各种配置的LOE——特别是反射LOE和衍射LOE——的实施方式中。

[0050] 本发明的某些实施方式的指导原则是减小小平面的反射率,以增加小平面对穿过LOE的光的整体透射率,从而使小平面对看起来透明并且因此对于外部观察者不可见。

[0051] 此外,根据现有技术的典型的优化反射LOE设计,小平面的反射率沿LOE从首先遇到的小平面对到最后遇到的小平面对发生变化,在关注的入射角、偏振取向和光谱带的范围内通常从10%扩展到25%。入射角的关注的范围是由LOE以及LOE作为其一部分的HMD的设计中的光学几何考虑因素确定的。偏振取向和光谱带的关注的范围在很大程度上由图像投影仪的特性或操作要求确定。注意,尽管最佳设计试图在这些关注的范围内优化小平面的反射率,但是关于在这些范围之外的入射角、偏振取向和光谱带的任何值的反射率值通常在设计中不受限制。因此,本发明的某些实施方式的另一指导原则是使这些范围中的任何一个或更多个范围之外的小平面的反射率减小或可能最小化,从而增加小平面对穿过LOE的光的透射率。

[0052] 在本发明的第一示例性实施方式中,或者根据本发明的第一方面,每个小平面的总反射率——包括在关注的角度、偏振状态和光谱带的范围内的总反射率与上面提及的现有技术设计中的总反射率相比通过设计被大大降低。

[0053] 图2是沿LOE的小平面的反射率值(上升线)以及传播光的强度(下降线)的比较曲线。水平标度是沿LOE的相对距离,竖直标度是最大值的百分比。点线表示为用于虚拟现实装置(其不在本发明的范围之内)中而设计的LOE的最佳值。这里,最佳设计要求将进入LOE的所有光能量耦出,以使观看显示图像的效率最大化,同时保持耦出的光的强度均匀。因此,表示传播光的强度的线31线性下降至几乎为零,而表示相继的小平面的反射率的线32随着反射率的相应增加几乎成指数上升。因此,朝向观看者耦出的光的强度大致均匀。注意,这些线表示最佳设计值;实际上,倾斜线将在一定程度上类似于台阶——对应于小平面对。

[0054] 短划线表示为用于头戴式显示器(HMD)中而设计的现有技术的LOE的典型值,其中,反射率被选择为提供自然场景的相对清楚的视野。可以看到这些线与点线相似,但具有减小的斜率。因此,线性下降的线34再次从100(表示进入LOE的光的全部强度)开始,最后达到仅约50%,这表示传播光能量的仅约50%(朝向观看窗)被耦出。相应地,上升线35达到仅约42,这表示最后的小平面的反射率仅约为42%。这导致最后的小平面的在相关入射角处的透射率约为58%,并且在跨LOE的沿其观看自然场景的方向上也大概相当高——对于使场景看起来令人满意地清楚而言足够高。

[0055] 如上所述,后者的透射率未高到足以避免使HMD的用户的面部和眼睛模糊以及避免小平面对外部观察者的伴随的可见性。为了纠正这一点,与本发明的第一方面对应的本发明的示例性实施方式中的小平面的反射率被进一步大大降低,如图2中的实曲线所示。这

里,上升的实线38达到仅约13,这表示最后的(即,最高反射率)小平面的总反射率优选地不大于约13%(并且在一些特别优选的实施方式中不大于约5%),并且线性实线39仅下降至约63,这表示传播光能量的仅约37%被耦出。因此,最后的小平面的透射率提升至近似87%,这大大降低了小平面对观察用户的面部的外部的人的可见性;其他小平面的透射率甚至更高。此外,作为结果,在该优选示例中,耦合到LOE中的图像强度的至少63%继续沿LOE传播超过最后的小平面,并且因此浪费。在其他特别优选的示例中,传播超过最后的小平面的耦入照明的比例大于三分之二,并且在某些特别优选的情况下大于80%或甚至90%。因此,在该实施方式中,已经作出反直觉的设计折衷,由此显著降低了LOE的光学效率,以大大减小由外部观看者观察到的小平面的可见性或使其不可见。

[0056] 注意到,在示例性实施方式中,相对于现有技术设计中的最后的小平面的反射率的值,最后的小平面的反射率降低了 $13\%/42\%=0.31$ 倍。更一般地,在根据本发明的该第一方面的实施方式中,与传统的最佳设计相比,小平面的反射率降低到0.5倍至0.1倍之间,优选地在0.4倍至0.25倍之间。

[0057] 在与本发明的第二方面对应的本发明的第二示例性实施方式中,假设进入(或耦合到)LOE的图像传送光相对于小平面对S偏振的。在一些HMD中,这可能是由于图像投影仪本身固有地发射偏振光(例如,液晶显示器),或者是由于偏振滤光器插在图像投影仪(或准直组件)与LOE之间的路径中。根据该第二方面的新颖特征,相对于小平面对S偏振光的反射率,小平面对P偏振光的反射率被最小化或大大减小。在一些实施方式中,小平面对垂直于第一主表面的入射光方向的至少约30度的角度范围内对P偏振基本透明。这可以使小平面对P偏振光的透射率最大化,从而使得从观看者的面部发出的光中的更多光能够到达外部观察者,从而使小平面对外部观察者更透明且较不可见。注意到,除了可以根据传统方法或根据本发明的第一方面的针对S偏振光的反射率优化之外,还应用该特征。术语“基本上透明”以其正常含义使用。在数量上,术语“基本上透明”通常是指透射率超过95%,并且最优选地超过98%。

[0058] 图3A以示例的方式示出了作为入射光束的角度的函数的在传统LOE中典型的小平面对两个偏振取向——即P偏振和与其正交的S偏振——的反射率。图3B是与本发明的第二方面对应的示例性实施方式中的LOE的反射率的相似曲线。在该实施方式中,关注的入射角的范围内的S偏振入射光的反射率被优化为表示高效显示图像传输和自然场景可见性之间的平衡的值——即通常在10%至25%的范围内,或者优化为如上所述根据本发明的第一方面的降低的反射率。然而,在垂直于主块表面的方向上或附近的P偏振入射光的反射率大大降低,如当与图5A相比时在图5B中清楚地看到的。优选地,该降低为至少四分之一,更优选地为至少八分之一。另外地或替选地,对于在该方向上的P偏振,反射率的值优选地不大于小平面对S偏振的对应的反射率的值的约三分之一,更优选地不大于约五分之一。

[0059] 在对应于可以与前两个方面中的一个方面或两个方面组合的本发明的第三方面的本发明的第三示例性实施方式中,小平面对任何小平面对不同于入射角的范围的入射角处的反射率大大降低,其中入射角的范围将沿LOE传播的传入的图像传送光朝向佩戴者的眼睛引导或更一般地朝向眼动箱引导。反射率因此降低的入射角的范围尤其包括与穿过LOE的光的方向(例如,从观看者的面部和眼睛朝向外观看者)对应的入射角。这等同于沿该方向的增加的透射率,从而使小平面对较不可见。

[0060] 现在将通过示例的方式、参照图4A进一步说明本发明的第三方面,图4A示出了示例性典型LOE 10的截面图,其中,显示信号光线(即,图像传送光)从左端穿过LOE传播并借助于五个小平面对偏转(或被耦出)。示出的光线是最初从跨显示的图像的选择的三个点发出的中心光线,即:被描绘为实线42的光线从图像中的中心点发出;被描绘为长短划线41的光线从图像的最右边的点(如观看者所看到的)发出;被描绘为短短划线43的光线从图像的最左边的点(如观看者所看到的)发出。如从图示中可以清楚地看到的,来自不同图像点的光线通过不同的小平面到达眼睛20。例如,从最左边的点(短短划线)到达眼睛的光线主要通过第一(最左边的)小平面16a,从中间点(实线)到达眼睛的光线主要通过第三(中间)小平面16b,而从最右点(长短划线)到达眼睛的光线主要通过第五(最右边的)小平面16c。对于每个这样的光线,在对应的小平面处均存在独特的入射角。更一般地,对于每个小平面,将存在(来自图像的对应部分的)给定的入射角范围,该入射角范围将光线朝向眼动箱(EMB) 17内的任何点引导,在该点处光线可以进入眼睛20。

[0061] 现在请注意图像传送光传播所穿过的小平面序列中的最后的(最右边的)的小平面16c,该小平面在设计上具有最高的反射率(如上面所说明的以及例如在图2的曲线的右端所示);因此,该小平面16c是传统上对穿过LOE的光的透射率最小并且因此对于外部观察者最可见的小平面(例如,如由图1B中的最左边的带所展示的)。在图4B中放大示出了该小平面16c以及被其反射的光线,图4B示出了在图4A中被标记为细节的包围区域。将观察到,三个代表性光线以独特的入射角到达,如附图所标记的。因此,在本示例中,来自图像左边的光线(短短划线)以约30度的角度入射,来自图像中心的光线(实线)以约23度的角度入射,而来自图像右边的光线(长短划线)以约16度的角度入射。注意到,相同的入射角也适用于所有其他小平面。

[0062] 在该情况下,唯一关注的光线是来自从图像的右侧的光线(长短划线),这是由于该光线唯一地到达EMB 17。更一般地,入射角范围接近16度,在该入射角范围处从图像的附近区域发出的光线被反射到EMB 17中。这是根据设计反射率必须保持为高(或者根据本发明的第一方面和/或第二方面反射率可能减小)的范围。另一方面,根据本发明的第三方面,将小平面16c对处于与上述设计范围明显不同的角度的传入光信号的反射率相对于设计范围内的反射率值减小。

[0063] 再次参照图4A,可以看到,沿由竖直箭头45指示的方向向上穿过LOE的光——例如从观看者的面部朝向外观察者反射的光——以明显不同于上述范围的入射角穿过小平面16c(以及所有其他小平面)。如在图4B中可以观察到的,该角度约为23度。因此,在本示例中,应当大大减小该小平面16c对约23度的入射角范围的反射率,以增加横向上的透射率(箭头45),从而降低小平面的可见性。

[0064] 更一般地,在根据本发明的第三方面的实施方式中,序列中的最后的小平面对从该小平面朝向眼动箱内的任何点耦出的光中的部分的反射率优选地至少是该小平面对沿垂直于主表面的方向行进的光的反射率的两倍。

[0065] 图4C示意性地描绘了图4A的小平面16c的设计目标,即,对于(到达EMB的光线的)在16度至21度的范围内的入射角,相对高的反射率,如矩形51所描绘的,而对优选地在22度至25度的范围内的较高的入射角,相对低的反射率,如由竖直线52所描绘的。在图4C中还看到满足这些要求的图4A的小平面16c的反射率相对入射角的曲线53(实线);将曲线53与传

统小平面的相似曲线54(虚线)进行比较。

[0066] 注意到,类似的设计考虑也可以应用于LOE中的其他小平面,从而进一步降低了小平面对外部观察者的可见性。

[0067] 现在将参照图5A和图5B公开本发明的另一方面,其单独是有用的或与本发明的上述方面中的任何一个或更多个方面组合是有用的,并且适用于光导(包括衍射波导)的所有配置。如图5A所示,沿LOE 10传播并且未被朝向观看窗耦出的剩余图像传送光继续传播并到达LOE的端面15#。该光的至少一部分将从端面反射回去,并将沿LOE在反方向25上传播,其中耦出装置通常使该光的一部分向外27耦合离开用户。这可能导致从LOE发出的并且对外部观察者可见的不期望的辉光或眩光。该效果对于根据本发明的第一方面的LOE尤其显著,这是由于注入图像强度中的相对大的比例被所有小平面对透射并且到达端面15。

[0068] 为了减弱该效果,根据本发明的该方面并且如图5B所示,将光吸收涂层、膜或层35施加到LOE 10的端面15。还可以有利地将光吸收涂层施加到LOE的其他三个侧面中的任何侧面。可以将光吸收涂层35方便地实现为黑色涂料层。在一些实施方式中,涂层可以被配置成具有粗糙的表面,这可以通过在施加涂料之前使LOE的边缘粗糙或通过采用粗糙的膜或层(使用光学粘合剂等将该粗糙的膜或层结合至LOE的相关侧面)来实现。

[0069] 应当注意,附图中所示的LOE的取向可以被视为“侧注入”实现方式,其中,进入LOE的图像照明在侧边缘附近进入并侧向传播。应当认识到,示出的所有特征同样适用于“自顶向下”实现方式,其中图像从LOE的顶部注入并向下传播,该“自顶向下”实现方式也落入本发明的范围内。在某些情况下,其他中间取向也是适用的,并且除非明确被排除,否则也被包括在本发明的范围内。

[0070] 将认识到,以上描述中的数字示例仅是示例,并且可以在设计优化过程中变化。还应当认识到,在本发明的各种实施方式中,本发明的方面中的两个或更多个方面可以被组合成优化的设计。

[0071] 应当认识到,以上描述仅旨在用作示例,并且在所附权利要求中所限定的本发明的范围内,许多其他实施方式也是可能的。

[0072] 就所附权利要求是在没有多项引用的情况下撰写的而言,这样做仅是为了适应不允许这样的多项引用的司法管辖区的形式要求。应当注意,通过使权利要求多项引用而隐含的特征的所有可能组合被明确地设想并且应当被认为是本发明的一部分。

[0073] 关于包括以上实施例的实施方式,还公开下述的技术方案。

[0074] 方案1.一种光导光学元件(LOE),用于由观看者的眼睛同时观看真实场景以及被引入到所述LOE的投影图像,所述LOE包括:

[0075] 透明材料块,其具有第一主表面以及平行于所述第一主表面的第二主表面,使得被引入到所述LOE的传送投影图像的光通过所述第一主表面和所述第二主表面处的内反射在所述LOE内传播,以及

[0076] 多个相互平行的部分反射表面,其在所述块的内部并且相对于所述第一主表面倾斜地定向,所述部分反射表面被配置成使所述光中的一部分穿过所述第二主表面耦出,

[0077] 其中,所述部分反射表面中的每一个的反射率使得耦出的光的总功率小于被引入到所述LOE的传送投影图像的光的总功率的三分之一。

[0078] 方案2.根据方案1所述的LOE,其中,所述部分反射表面中的每一个的反射率使得

耦出的光的总功率小于被引入到所述LOE的传送投影图像的光的总功率的五分之一。

[0079] 方案3.根据方案1所述的LOE,其中,所述部分反射表面中的每一个的反射率使得耦出的光的总功率小于被引入到所述LOE的传送投影图像的光的总功率的十分之一。

[0080] 方案4.根据方案1所述的LOE,其中,所述部分反射表面中的每一个的反射率小于13%。

[0081] 方案5.根据方案1所述的LOE,其中,所述部分反射表面中的每一个的反射率小于5%。

[0082] 方案6.一种光导光学元件(LOE),用于由观看者的眼睛同时观看真实场景和投影图像,所述投影图像由在第一取向上偏振的光传送并且被引入到所述LOE,所述LOE包括:

[0083] 透明材料块,其具有第一主表面以及平行于所述第一主表面的第二主表面,使得被引入到所述LOE的传送投影图像的光通过所述第一主表面和所述第二主表面处的内反射在所述LOE内传播,以及

[0084] 多个相互平行的部分反射表面,其在所述块的内部并且相对于所述第一主表面倾斜地定向,以使所述光中的一部分朝向所述观看者的眼睛耦出,

[0085] 其中,所述部分反射表面中的每个部分反射表面在与所述主表面垂直的方向上对在第二取向上偏振的光的反射率小于该部分反射表面在所述方向上对在所述第一取向上偏振的光的反射率的三分之一,所述第二取向与所述第一取向正交。

[0086] 方案7.根据方案6所述的LOE,其中,所述第一偏振取向相对于所述部分反射表面是S偏振的。

[0087] 方案8.根据方案7所述的LOE,其中,所述部分反射表面在包括与所述第一主表面垂直的方向的至少约30度的角度范围内对P偏振基本透明。

[0088] 方案9.一种光导光学元件(LOE),用于由观看者的眼睛同时观看真实场景以及被引入到所述LOE的投影图像,所述LOE包括:

[0089] 透明材料块,其具有第一主表面以及平行于所述第一主表面的第二主表面,使得被引入到所述LOE的传送投影图像的光通过所述第一主表面和所述第二主表面处的内反射沿所述LOE在第一方向上传播,在外部与所述第一主表面平行的平面中限定了给定大小的眼动箱,以及

[0090] 多个相互平行的部分反射表面,其在所述块的内部、沿所述第一方向顺序地布置并且相对于所述第一主表面倾斜地定向,以使所述光中的一部分朝向所述眼动箱耦出,

[0091] 其中,所述部分反射表面的序列中的最后的部分反射表面对从所述最后的部分反射表面朝向所述眼动箱内的任何点耦出的所述光中的部分的反射率是所述最后的部分反射表面对在与所述第一主表面和所述第二主表面垂直的方向上行进的光的反射率的至少两倍。

[0092] 方案10.根据方案9所述的LOE,其中,所述部分反射表面的序列中的最后的部分反射表面对从所述最后的部分反射表面朝向所述眼动箱内的任何点耦出的所述光中的部分的反射率是所述最后的部分反射表面对在与所述第一主表面和所述第二主表面垂直的方向上行进的光的反射率的至少四倍。

[0093] 方案11.根据任一前述方案所述的LOE,其中,所述块具有端面,在所述LOE内传播的穿过所述部分反射表面的光照射在所述端面上,

[0094] 其中,所述端面涂覆有光吸收层,所述光吸收层被配置成吸收被引入到所述LOE并且未被耦出的光。

[0095] 方案12.根据方案11所述的LOE,其中,所述光吸收层被实现为施加到粗糙端面的黑色涂料。

[0096] 方案13.一种光学系统,用于由观看者同时观看自然场景以及近眼图像投影仪上的图像,所述光学系统包括:

[0097] a.根据方案1至10中任一项所述的LOE;以及

[0098] b.支承结构,其被部署成将所述LOE支承在所述观看者的头部上并且使所述LOE与所述观看者的至少一只眼睛呈面向关系。

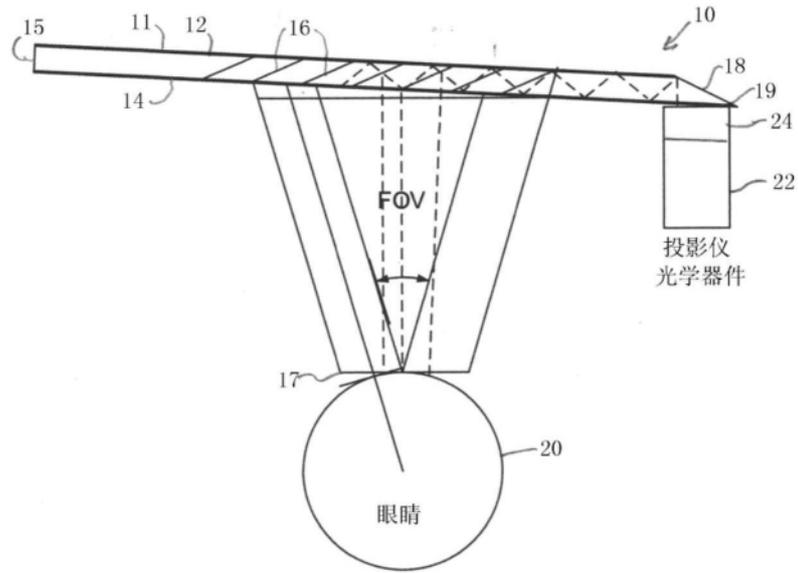


图1A

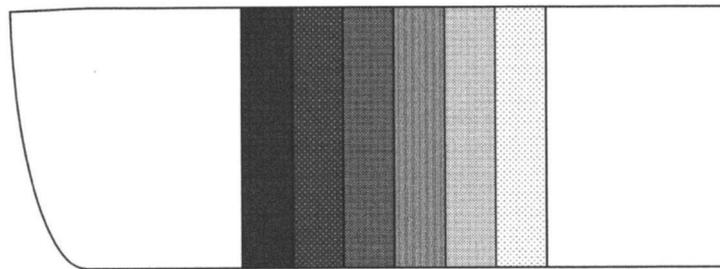


图1B

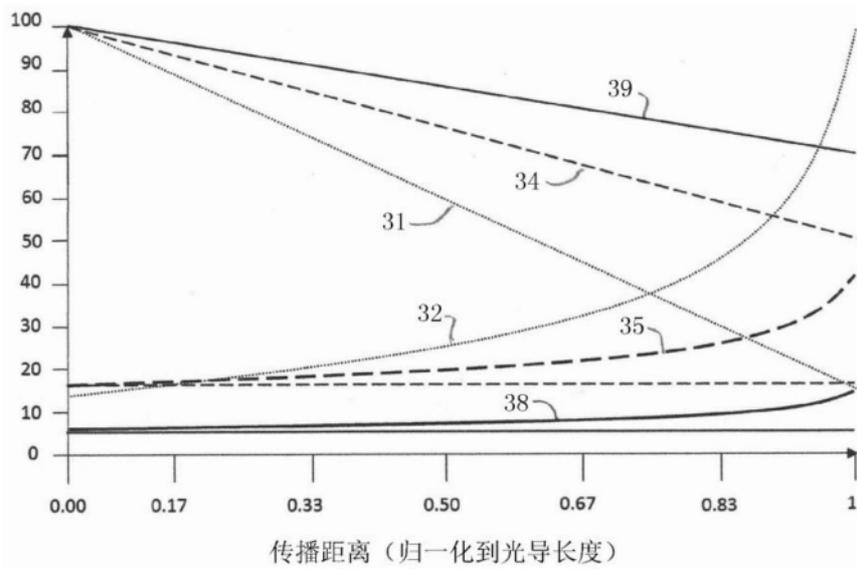


图2

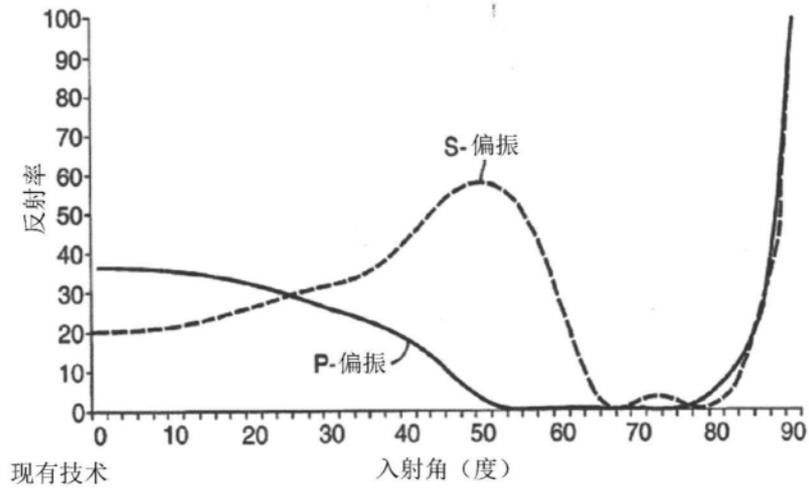


图3A

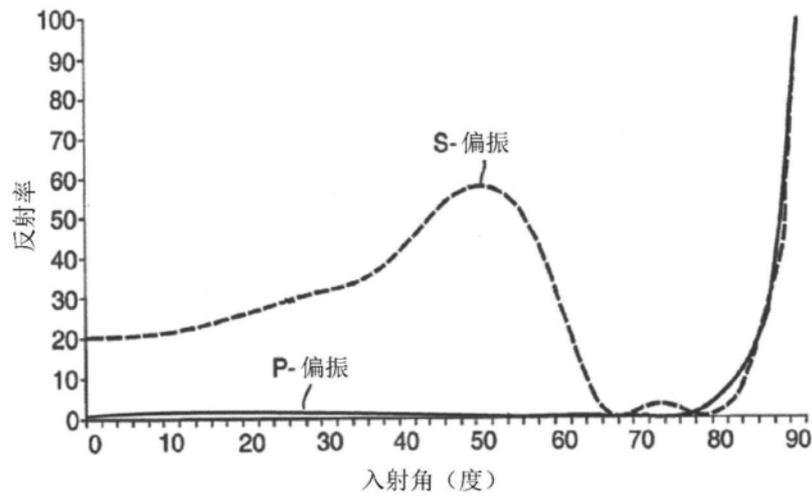


图3B

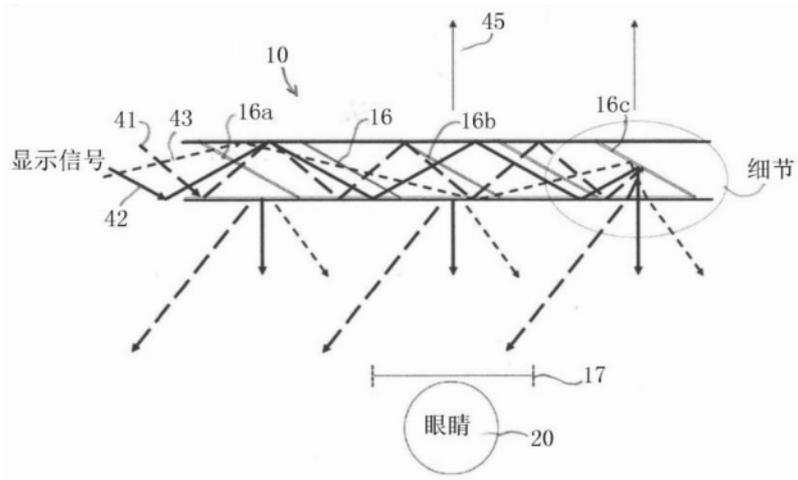


图4A

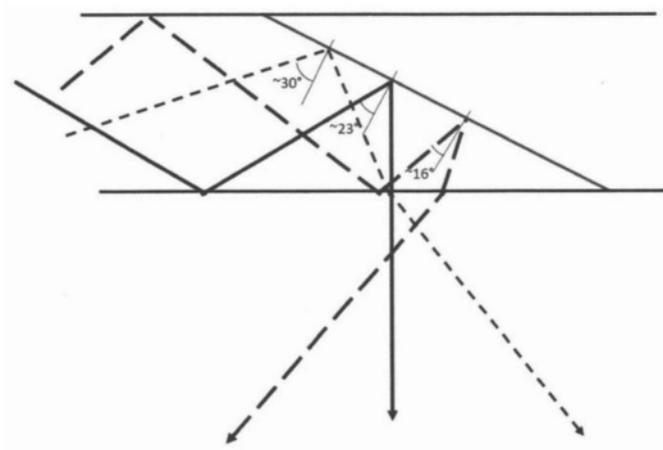


图4B

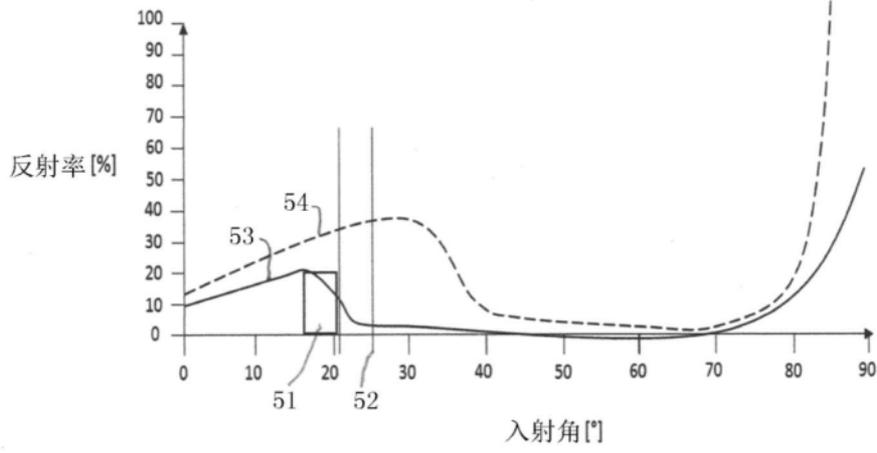


图4C

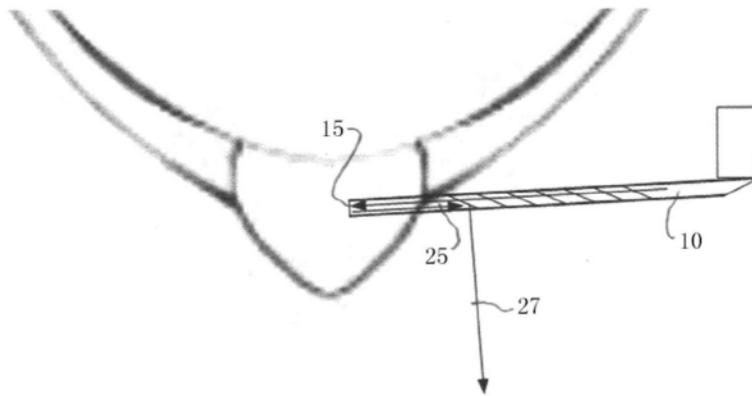


图5A

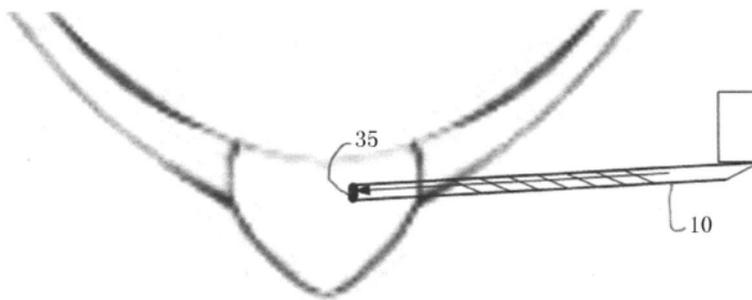


图5B