



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104536139 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 22

(21) 申请号 201510036571. 5

(22) 申请日 2015. 01. 25

(71) 申请人 上海理湃光晶技术有限公司

地址 200082 上海市杨浦区包头路 1135 弄 2 号 2079 室

(72) 发明人 张圣军 张庆

(51) Int. Cl.

G02B 27/01(2006. 01)

G02B 6/34(2006. 01)

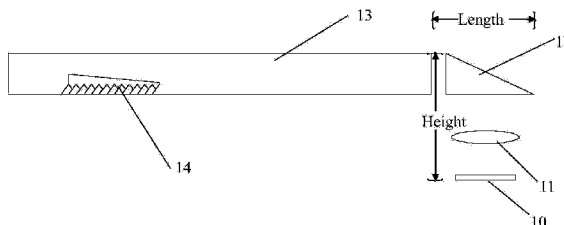
权利要求书1页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种棱镜耦合的楔形平面波导光学器件

(57) 摘要

本发明提供了一种棱镜耦合的楔形平面波导光学器件,包括显示光源、准直透镜、耦合棱镜、平面楔形衬底以及棱镜定位组件。其中显示光源用于发出显示所需图像的显示光波,准直透镜用于对光源发出的光波进行准直,耦合棱镜用于将准直光波耦合进入到平面波导衬底中,平面楔形衬底用于使耦合进入的光波进行全反射传播,且利用楔形结构使光线耦合输出衬底,棱镜定位组件用于对光纤的空间分布进行调整。本发明具有制造工艺简单、结构紧凑灵活、大视场以及光波耦合效率高的特点,不仅可用于可穿戴显示,还可用于扩展照明、汽车导航显示以及移动电话显示等领域。



1. 一种棱镜耦合的楔形平面波导光学器件,依次包括:  
 显示光源,用于发出显示所需图像的显示光波;  
 准直透镜,对显示光源发出的光波进行准直;  
 耦合棱镜,将准直光波耦合进入到平面波导衬底;  
 平面楔形衬底,使耦合进入的光波进行全反射传播,且利用楔形结构使其耦合输出衬底;

棱镜定位组件,对耦合输出的光线的空间分布进行调整,

其中,准直透镜设置在显示光源和耦合棱镜之间,平面衬底中的楔形结构位于衬底下表面远离耦合棱镜的一侧。

2. 根据权利要求 1 所述的光学器件,其特征在于:

图像显示光源的前面加有偏光片,耦合棱镜的反射面处蒸镀一层反射膜,定位组件由一系

列结构相同的棱镜组成。

3. 根据权利要求 1 所述的光学器件,其特征在于:

定位棱镜反射面在棱镜光线入射面的投影线和棱镜光线入射面的夹角  $\alpha_{coll}$  满足下述关系:

$$\alpha_{coll}=90^{\circ}。$$

4. 根据权利要求 1 所述的光学器件,其特征在于:

定位棱镜入射面的面积  $S_{in}$  与定位棱镜光线反射面的面积  $S_{ref}$  以及定位棱镜反射面在棱镜

光线入射面的投影线和棱镜反射面的夹角  $\theta$  之间满足下述关系:

$$S_{in}=S_{ref}*\tan(\theta)。$$

5. 根据权利要求 1 所述的光学器件,其特征在于:

定位棱镜光线出射面的面积  $S_n$  与定位棱镜光线反射面的面积  $S_{ref}$  以及定位棱镜反射面在

棱镜光线入射面的投影线和棱镜反射面的夹角  $\theta$  之间满足下述关系:

$$S_n=S_{ref}*\cos(90^{\circ}-\theta)。$$

6. 根据权利要求 1 所述的光学器件,其特征在于:

定位组件棱镜的顶角  $\beta_0$  和底角  $\beta'_0$  之间满足下述关系:

$$\beta'_0=\beta_0。$$

7. 根据权利要求 1 所述的光学器件,其特征在于:

定位组件的总长度  $L'$  与耦合棱镜第一工作面的长度  $L$  之间满足下述关系:

$$L'=2L。$$

## 一种棱镜耦合的楔形平面波导光学器件

[0001]

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种平面波导光学器件,特别是一种适用于可穿戴显示的棱镜耦合的楔形平面波导光学器件。

[0003]

### 背景技术

[0004] 目前,对于一些可穿戴显示设备,其信息显示的核心部分是由光学元件组成的。显示系统利用光学元件将图像信息虚拟地显示在人眼前方一定的距离,方便观察者在浏览图像信息的同时可以观察到周围景物的变化。通常此类显示系统的核心光学组件主要分为三部分组成:光波耦合输入组件、光波传输衬底以及光波耦合输出显示组件。因此结构轻巧紧凑、大视场以及高分辨率的图像显示一直是此类光学系统追求的目标。其中大视场尤为重要,因为在某些应用领域,视场的范围直接影响到观察人员的安全以及获取信息的完整性,另外将来自显示系统的图像信息高效地耦合进入显示元件也是影响视场的一个重要问题。

[0005] 为了解决传统穿戴显示光学系统由于光学成像系统耦合方式、重量以及体积造成的缺陷,本发明设计了一种棱镜耦合的楔形平面波导光学器件。

[0006]

### 发明内容

[0007] 为了解决上述问题,本发明提供了一种棱镜耦合的楔形平面波导光学器件。

[0008] 为了达到上述目的,本发明采用了以下的技术方案:

一种棱镜耦合的楔形平面波导光学器件,其特征在于:依次包括:显示光源,用于发出显示所需图像的显示光波;准直透镜,对光源发出的光波进行准直;耦合棱镜,将准直光波耦合进入到平面波导衬底;平面楔形衬底,使耦合进入的光波全反射传播,且利用楔形结构使其耦合输出衬底;棱镜定位组件,对耦合输出的光线的空间分布进行调整。其中,准直透镜设置在显示光源和耦合棱镜之间,平面衬底中的楔形结构位于衬底下表面远离耦合棱镜的一侧。本发明主要采用棱镜转像、全反射、楔形折射以及定位棱镜等来实现。来自显示光源的光线经准直透镜准直后入射到耦合棱镜,利用棱镜改变光线的传播方向使光线耦合进入衬底,利用全反射原理使光波在衬底中传输到所需要的显示位置,由于楔形结构的存在,破坏了光波在衬底中传输的全反射条件从而使光波折射出衬底,利用棱镜定位组件对楔形衬底输出光线的空间方位重新定位,使图像信息能够正确显示。

[0009] 本发明提供的楔形平面波导光学器件中,还具有这样的特征:图像显示光源的前面加有偏光片,耦合棱镜的反射面处蒸镀有一层反射膜,定位组件由一系列结构相同的棱镜组成。

[0010] 本发明提供的楔形平面波导光学器件中,还具有这样的特征:定位棱镜反射面在

棱镜光线入射面的投影线和棱镜光线入射面的夹角  $\alpha_{\text{coll}}$  满足下述关系：

$$\alpha_{\text{coll}}=90^{\circ}。$$

[0011] 本发明提供的楔形平面波导光学器件中,还具有这样的特征:定位棱镜入射面的面积  $S_{\text{in}}$  与定位棱镜光线反射面的面积  $S_{\text{ref}}$  以及定位棱镜反射面在棱镜光线入射面的投影线和棱镜反射面的夹角  $\theta$  之间满足下述关系:

$$S_{\text{in}}=S_{\text{ref}}*\sin(\theta)。$$

[0012] 本发明提供的楔形平面波导光学器件中,还具有这样的特征:定位棱镜光线出射面的面积  $S_{\text{n}}$  与定位棱镜光线反射面的面积  $S_{\text{ref}}$  以及定位棱镜反射面在棱镜光线入射面的投影线和棱镜反射面的夹角  $\theta$  之间满足下述关系:

$$S_{\text{n}}=S_{\text{ref}}*\cos(90^{\circ}-\theta)。$$

[0013] 本发明提供的楔形波导光学器件中,还具有这样的特征:定位组件棱镜的顶角  $\beta_{\circ}$  和底角  $\beta'_{\circ}$  之间满足下述关系:

$$\beta'_{\circ}=\beta_{\circ}。$$

[0014] 本发明提供的楔形波导光学器件中,还具有这样的特征:定位组件的总长度  $L'$  与耦合棱镜第一工作面的长度  $L$  之间满足下述关系:

$$L'=2L。$$

[0015] 与现有的成像系统相比,本发明的有益效果是:制造工艺简单、结构紧凑灵活、大视场以及光波耦合效率高。本发明不但在体积上有了明显的缩减,而且在不改变视场的前提下,极大地减轻了整个成像系统的重量,同时采用棱镜耦合的方式也提高了光波的耦合效率。本发明光学系统不仅可用于可穿戴显示,还可用于扩展照明、汽车导航显示以及移动电话显示等领域。

[0016]

## 附图说明

[0017] 图 1 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件结构示意图;

图 2 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件的楔形平面衬底示意图;

图 3 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件的棱镜定位组件示意图;

图 4 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件采用 Prims-60 作为耦合棱镜时的光线示意图;

图 5 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件采用 Prims-45 作为耦合棱镜时的光线示意图;

图 6 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件采用 Prims-30 作为耦合棱镜时的光线示意图;

图 7 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件的光线示意图;以及

图 8 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件的示例图。

[0018]

## 具体实施方式

[0019] 以下结合附图对本发明的具体工作过程给予说明。

[0020] 图 1 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件结构示意图。如图 1 所示,本发明光学器件的系统组成包括:显示光源 10,准直透镜 11,耦合棱镜 12,平面楔形衬底 13,棱镜定位组件 14。显示光源 10 上的一点光源发出的光波经过准直透镜准直后入射到耦合棱镜 11 上,利用棱镜来改变光线的传播方向使其耦合进入平面楔形衬底 13 中。在衬底中利用全反射的原理使光波在衬底中传输到所需要的位置,由于楔形刻槽的存在,破坏了光波在衬底中传播的全反射条件,从而使光波折射出衬底外。然后利用棱镜定位组件 14 对从楔形衬底输出光线的空间方位重新定位,使图像信息能够得到正确的显示。下面针对本发明各个部分的作用给以相应的说明。

[0021] 显示光源 10 主要用于发出显示所需图像的显示光波。在穿戴显示应用中,常用的图像显示光源有 LCD、OLED、LCOS 等。不同的显示技术对应于不同的显示要求。为了能够使系统的整体结构在体积上得到优化,且考虑到光源各点亮度的均匀性以及亮度要求,通常选择体积合适、亮度均匀的光源作为微显示系统的显示光源,如 Lcos。又由于不同的显示系统发出的光波的偏振态不同,为了能够满足光学设计和膜系设计等要求,通常在显示光源的前面加偏光片,以此改变来自显示光源的光波的偏振态。

[0022] 准直透镜 11 主要用于对显示光源发出的光波进行准直。在微显示系统中,通常人眼作为最终的图形信息接收器,因此需要对来自图形的光波进行准直以达到人眼观看的实际要求、为此常利用透镜来对显示光源发出的光波进行准直。由于光学系统像差的存在,图像经过透镜后会发生象散、畸变、场曲等现象,为此对于准直透镜需要按照应用的要求进行像差矫正,来达到最终的理想成像效果,否则会影响光学系统的分辨率,导致人眼无法清楚地看到图像的真实信息。

[0023] 耦合棱镜 12 主要用于将准直光波耦合进入到衬底中。利用棱镜能够改变光线传播方向的特点,在成像系统中通过棱镜将显示图像的光波从一个方位传送到另一个所需要的位置。为了使准直以后的光波能够进入到耦合棱镜中,必须考虑耦合棱镜的视场角,否则来自图像的光信息将会发生丢失,导致显示光源的视场发生缩减,造成图像显示系统尺寸的浪费,进而影响显示系统整体的结构尺寸。

[0024] 平面楔形衬底 13 主要可使耦合进入的光波全反射传播,且利用楔形结构使其耦合输出衬底。作为衬底材料的玻璃有很多种,如 JGS1、K9、BK7 等,由于每种材料的折射率和色散系数等参数不同,导致材料的透过率、吸收系数以及全反射临界角也相应不同。在具体应用中需要根据要求来进行选择。衬底在传输光波的过程中,需要在满足全反射的条件下,尽可能地减少材料本身对光波能量的吸收,否则将导致大量的光波能量在传输过程中损失,从而造成图像最终的可见度降低。另外,平面衬底材料本身限制了可在衬底中传输的图像的范围以及图像的亮度。为了扩大传输图像的范围,通常需要在衬底表面按照需求蒸镀一层反射膜,来对材料的全反射角给予扩展。光波在衬底中传输一定距离后需要耦合输出衬底,为了达到该目的,需要破坏光波的全反射条件,使得光波在衬底表面的入射角小于全反射临界角。为此在平面衬底的下表面设计了楔形刻槽,使得光线到达楔形面时入射角小于全反射临界角而耦合输出衬底。

[0025] 棱镜定位组件 14 主要用于对光线的空间分布重新调整。光波耦合输出楔形衬底后进入到空气间隔,光线的空间分布相比于耦合进入衬底时的光线发生了偏转,导致图像在观察方向上整体偏转或错乱,影响了观察的视场。为此需要引入相关的组件对光线的空

间分布重新调整,使其符合输入光波的空间分布,同时扩大了观察视场。

[0026] 本发明平面波导光学器件的工作步骤以及实例应用如下:

图2为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件的楔形平面衬底示意图。为了保证光波能够在衬底中全反射传输,且能够在特定的位置耦合输出衬底,需要在耦合输出的位置处破坏其全反射的条件。本发明的耦合输出由楔形组件20组成。光波在衬底中传播时,光线与衬底表面法线的夹角大于全反射临界角,由于楔形组件的存在,当光线达到楔形组件时,其入射角小于全反射临界角,从而破坏了光波的全反射条件,实现了耦合输出的效果。

[0027] 图3为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件的棱镜定位组件示意图。棱镜定位组件主要用于实现对输出光线空间方位的重新分布。从楔形结构出射的主轴光线的折射角相对于光轴发生了偏转,为了恢复主轴光线的方向,需要对主轴光线进行矫正。为此需要设计光学组件,使得出射光线Ray-3垂直入射到定位组件的上表面,且经过定位组件侧面的反射后能够垂直输出定位组件的下表面。如图3所示,光学设计时,相对于主轴光线各参数应满足如下条件:

$$\alpha_{coll}=90^{\circ}$$

其中, $\alpha_{coll}$ 是定位棱镜反射面在棱镜光线入射面的投影线和棱镜光线入射面的夹角。

$$[0028] \quad S_{in}=S_{ref}*\sin(\theta)$$

其中, $S_{in}$ 为定位棱镜入射面的面积, $S_{ref}$ 为定位棱镜光线反射面的面积, $\theta$ 是定位棱镜反射面在棱镜光线入射面的投影线和棱镜反射面的夹角。为了保证棱镜入射面的光线可以覆盖整个反射面,反射面在入射面的投影和反射面的面积应该相等。

$$[0029] \quad S_n=S_{ref}*\cos(90^{\circ}-\theta)$$

其中, $S_n$ 为定位棱镜光线出射面的面积。为了能够使出射光线覆盖棱镜底面,上述条件必须得以满足,否则显示图像之间将存在间隔空隙。

[0030] 上述结构参数,均是以主轴光线为参考设计的,对于轴外点的光线传输时,由于微显示系统轴外点的偏轴角一般很小,上述条件足以满足应用的条件。

[0031] 图4为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件采用Prims-60作为耦合棱镜时的光线示意图。如图4所示,图像显示光源位于准直透镜的焦平面处,显示光源上位于焦点处的一点光源S发出的光线经过透镜准直后,垂直入射到棱镜Prims-60的第一工作面,经棱镜反射面的反射光线被耦合入射到楔形波导衬底中。在满足上述条件的前提下,各参数的关系为:

$$\beta_{sur}=\beta_p$$

其中, $\beta_p$ 是耦合棱镜Prims-60的底角,为了满足按图中设计的光线方向传输, $\beta_p$ 必须满足:

$$\beta_p > 45^{\circ}.$$

[0032]  $\beta_{sur}$ 是主轴光线与棱镜反射面法线的夹角。

$$[0033] \quad \alpha_{sur}=2*(90^{\circ}-\beta_p)$$

其中, $\alpha_{sur}$ 是耦合进入楔形衬底的主轴光线与楔形衬底表面法线的夹角

满足上述关系的前提下,当 $\beta_p=60^{\circ}$ 时:

$$\beta_{sur} = 60^{\circ}$$

$$\alpha_{sur} = 60^{\circ}$$

此时,进入耦合棱镜的光线在棱镜 Prims-60 反射面处的入射角大于全反射临界角 ( $K9, 42^\circ$ ),光波能量能够全部被耦合进入楔形衬底中进入传输。另外由于耦合进入衬底的光线与衬底表面法线的夹角也大于全反射临界角,光波可以无能量损失的在衬底中进行传输。此时,衬底的厚度为:

$$H_1 = L_1 * \tan(\beta_p)。$$

[0034] 其中,  $H_1$  为衬底的厚度,  $L_1$  为耦合棱镜第一工作面的长度。由于  $\beta_p$  很大,且  $L_1$  无法太小,导致衬底的厚度变得很厚,不利于减轻系统的整体重量。因此,虽然这种耦合方式可以满足光线传输条件,但无法减轻系统的体积和重量。

[0035] 图 5 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件采用 Prims-45 作为耦合棱镜时的光线示意图。如图 5 所示,图像显示光源位于准直透镜的焦平面处,显示光源上位于焦点处的一点光源 M 发出的光线经过透镜准直,垂直入射到棱镜 Prims-45 的第一工作面,经棱镜反射面的反射,光线垂直于棱镜的第二工作面出射进入楔形衬底,平行衬底表面在衬底中传输。在满足上述条件的前提下,各参数的关系为:

$$\beta'_{sur} = \beta'_p = 45^\circ$$

其中,  $\beta'_p$  是耦合棱镜 Prims-45 的底角,  $\beta'_{sur}$  是主轴光线与棱镜反射面法线的夹角。此时,进入耦合棱镜的光线在棱镜 Prims-60 反射面的入射角大于全反射临界角 ( $K9, 42^\circ$ ),光波能量可以全部被耦合进入楔形衬底传输。衬底的厚度为:

$$H_2 = L_2$$

其中,  $H_2$  为衬底的厚度,  $L_2$  为耦合棱镜第一工作面的长度。只要  $L_2$  足够小,即光源的尺寸足够小,就可以使衬底的整体重量变得很轻。

[0036] 虽然上述条件可以使光波进入衬底传输,但光线无法与楔形面按照设计的光线传播方向相遇,因此无法实现波导的设计要求。

[0037] 图 6 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件采用 Prims-30 作为耦合棱镜时的光线示意图。如图 6A 所示,图像显示光源位于准直透镜的焦平面处,显示光源上位于焦点处的一点光源 Q 发出的光线经过透镜准直,垂直入射到棱镜 Prims-30 的第一工作面,经棱镜反射面的反射光线被耦合到楔形波导衬底中。在满足上述条件的前提下,各参数的关系为:

$$\beta''_{sur} = \beta''_p$$

其中,  $\beta''_p$  是耦合棱镜 Prims-30 的底角,为了满足按图中设计的光线方向传输,  $\beta''_p$  必须满足:

$$\beta''_p < 45^\circ。$$

[0038]  $\beta''_{sur}$  是主轴光线与棱镜反射面法线的夹角。

$$[0039] \quad \alpha''_{sur} = 2\beta_p$$

其中,  $\alpha''_{sur}$  是耦合进入楔形衬底的主轴光线与楔形衬底表面法线的夹角。

[0040] 满足上述关系的前提下,当  $\beta''_p = 30^\circ$  时:

$$\beta''_{sur} = 30^\circ$$

$$\alpha''_{sur} = 60^\circ$$

此时,进入耦合棱镜的光线在棱镜 Prims-30 反射面的反射角小全反射临界角 ( $K9, 42^\circ$ ) 将发生折射,部分光波能量折射出棱镜造成能量损失。为了使更多的光波能量耦合进

入衬底,需要在棱镜反射面镀一层反射膜。同时耦合进入衬底的光线与衬底表面法线的夹角大于全反射零界角,因此可以无能量损失的全反射传输。此时,衬底的厚度为:

$$H_3=L_3*\tan(\beta''_p)。$$

[0041] 其中,  $H_3$ 为衬底的厚度,  $L_3$ 为耦合棱镜第一工作面的长度。只要  $L_3$ 足够小,即光源的尺寸足够小,这将使衬底的整体重量变得很轻。

[0042] 如图 6B 所示,显示光源位于准直透镜焦平面处,点光源 A、C 位于显示光源的上下边缘,点光源 B 位于透镜焦点处。由点光源 A、B、C 发出的光线经过准直透镜的准直,入射到耦合棱镜 Prism-30',再由棱镜反射面的反射耦合进入衬底进行全反射传输。为了满足上述条件,各参数的关系为:

$$\beta_{\text{ref-b}} = \gamma_p$$

其中,  $\gamma_p$ 是耦合棱镜 Prism-30' 的底角,  $\beta_{\text{ref-b}}$  主轴光线与棱镜反射面法线的夹角。

$$[0043] \quad \sin(\alpha_{\text{fov}}) = n*\sin(\alpha'_{\text{fov}})$$

其中,  $\alpha_{\text{fov}}$ 是点光源 A、C 发出的光线经过准直透镜以后与光轴的夹角,  $\alpha'_{\text{fov}}$ 是点光源 A、C 发出的光线进入耦合棱镜 Prism-30' 后在棱镜内部的视场角。

$$[0044] \quad \beta_{\text{ref-c}} = \beta_{\text{ref-b}} - \alpha'_{\text{fov}}$$

$$\beta_{\text{ref-a}} = \beta_{\text{ref-b}} + \alpha'_{\text{fov}}$$

其中,  $\beta_{\text{ref-a}}$ 、 $\beta_{\text{ref-c}}$ 分别是点光源 A、C 光线进入耦合棱镜 Prism-30' 后与棱镜反射面法线的夹角。

$$[0045] \quad \alpha_{\text{sur-b}} = 2\gamma_p$$

其中,  $\alpha_{\text{sur-b}}$ 是耦合进入楔形衬底的主轴光线与楔形衬底表面法线的夹角。

$$[0046] \quad \alpha_{\text{sur-a}} = 2\beta_{\text{ref-b}} + \alpha'_{\text{fov}}$$

$$\alpha_{\text{sur-c}} = 2\beta_{\text{ref-b}} - \alpha'_{\text{fov}}$$

其中,  $\alpha_{\text{sur-a}}$ 、 $\alpha_{\text{sur-c}}$ 分别是点光源 A、C 光线耦合进入楔形衬底后与楔形衬底表面法线的夹角。

[0047] 满足上述关系的前提下,当  $\gamma_p = 30^\circ$ ,  $\alpha_{\text{fov}} = 8^\circ$  时:

$$\beta_{\text{ref-b}} = 30^\circ$$

$$\alpha'_{\text{fov}} = 5.3^\circ$$

$$\beta_{\text{ref-c}} = 24.7^\circ$$

$$\beta_{\text{ref-a}} = 35.3^\circ$$

此时  $\beta_{\text{ref-a}}$ 、 $\beta_{\text{ref-b}}$ 、 $\beta_{\text{ref-c}}$ 均小于全反射零界角 ( $K9, 42^\circ$ ),部分光波能量折射出棱镜造成能量损失,为了使更多的光波能量耦合进入衬底,需要在棱镜反射面镀反射膜。

$$[0048] \quad \alpha_{\text{sur-b}} = 60^\circ$$

$$\alpha_{\text{sur-a}} = 65.3^\circ$$

$$\alpha_{\text{sur-c}} = 54.7^\circ$$

此时,  $\alpha_{\text{sur-a}}$ 、 $\alpha_{\text{sur-b}}$ 、 $\alpha_{\text{sur-c}}$ 均大于全反射临界角 ( $K9, 42^\circ$ ),光波能量可在衬底中无折射损失传输到楔形输出部分。

[0049] 图 7 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件的光线示意图。如图 7 所示,图像显示光源位于准直透镜的焦平面处,显示光源上位于焦点处的一点光源 Q'发出的光线经过透镜准直,垂直入射到棱镜的第一工作面,经棱镜反射面的反射被耦合到楔形波导衬底



中。光波经过楔形衬底的传输到达楔形面,由于光线在楔形面上的入射角小于全反射临界角,光波则耦合输出楔形衬底,进入到空气间隔。进入空气间隔的光线再次垂直进入定位组件,经过定位组件的重新矫正,被垂直耦合输出。在满足上述条件的前提下,各参数的关系为:

$$\beta_{\text{ref-q}} = \beta_{1p}$$

其中,  $\beta_{1p}$  是耦合棱镜的底角,  $\beta_{\text{ref-q}}$  是主轴光线与棱镜反射面法线的夹角。

$$[0050] \quad \beta_{\text{sur-1}} = 2\beta_{\text{ref-q}}$$

其中,  $\beta_{\text{sur-1}}$  是耦合进入楔形衬底的主轴光线与楔形衬底下表面法线的夹角。

$$\beta_{\text{sur-2}} = \beta_{\text{sur-1}} - \beta_e$$

其中,  $\beta_{\text{sur-2}}$  是耦合到楔形表面的主轴光线与楔形表面法线的夹角,  $\beta_e$  是楔形的楔角。为了使光波耦合衬底,  $\beta_{\text{sur-2}}$  必须小于全反射零界角。

$$[0051] \quad \beta_a = n \cdot \sin(\beta_{\text{sur-2}})$$

其中,  $\beta_a$  为楔形表面入射光线的折射角,  $n$  为楔形结构材料的折射率。

$$[0052] \quad \beta_o = \beta_a + \beta_e$$

$$\beta'_o = \beta_o$$

其中,  $\beta_o$ 、 $\beta'_o$  分别为定位组件反射斜面的顶角和底角。

[0053] 在满足上述关系的前提下,当  $\beta_{1p} = 30^\circ$  时:

$$\beta_{\text{ref-q}} = 30^\circ$$

$$\beta_{\text{sur-1}} = 60^\circ$$

由于要使  $\beta_{\text{sur-1}} - \beta_e < 42^\circ$ , 因此取  $\beta_e = 30^\circ$ , 此时:

$$\beta_{\text{sur-2}} = 30^\circ$$

$$\beta_a = 48^\circ$$

$$\beta'_o = \beta_o = 78^\circ$$

通过计算分析,存在上述条件的参数。在光学设计时按照主轴光线设计的光学结构,同样适用于偏轴点的光线传播,因为光波经过准直透镜的准直以后,光线的偏轴角一般都很小。

[0054] 通常为了使耦合输入的图像能够全部显示,对于耦合棱镜第一工作面的尺寸和定位组件的总长度有一定的要求,一般两者满足关系:

$$L' = 2L$$

其中,  $L'$  是定位组件的总长度,  $L$  是耦合棱镜第一工作面的长度。当满足上述条件时,由棱镜耦合进入衬底的光波能够在定位组件出全部可看到。这样不但提高了观看视场,而且提高了图像的耦合效率。

[0055] 图 8 为本发明棱镜耦合的楔形平面波导光学器件的示例图。如图 8 所示,80 为显示光源,81 为准直棱镜,82 为耦合棱镜,83 为平面楔形定位波导。通过将上述几部分按照机械结构的设计的要求,组装在眼镜框中,可用于穿透式显示。通过将本发明的组件用于可穿戴显示,一方面可以实时观看需要显示的图片信息,另一方面由于本发明的组件没有采用特殊的光阑来完全阻挡外界景物光的进入,因此还可以观察到外面景物的变化。另外本发明采用棱镜作为耦合输入部分,提高了耦合效率同时增大了观察视场,具有很大应用潜力。

[0056] 实例的作用与效果

本实施例中利用棱镜将光波耦合输入衬底,提高了光波的耦合效率,增大了观察视场,且利用了棱镜定位组件对耦合输出衬底的光线的空间分布进行了调整,从而进一步地扩大了视场。

[0057] 本实施例中采用了楔形平面衬底来传输光波,该衬底既可以使光波以全反射的形式无损耗传输,又可使光线在楔形结构处耦合输出衬底,不需要额外的耦合输出组件,从而减轻了系统的重量。

[0058] 本实施例中的组件中没有使用光阑来阻拦外界光线的进入,因此一方面可以实时观看需要显示的图片信息,另一方面还可以观察外面景物的变化。

[0059] 本实施例中的楔形结构的楔角  $\beta$  并不局限于  $30^\circ$ ,只要满足到达楔形结构的光线的入射角小于全反射临界角即可。

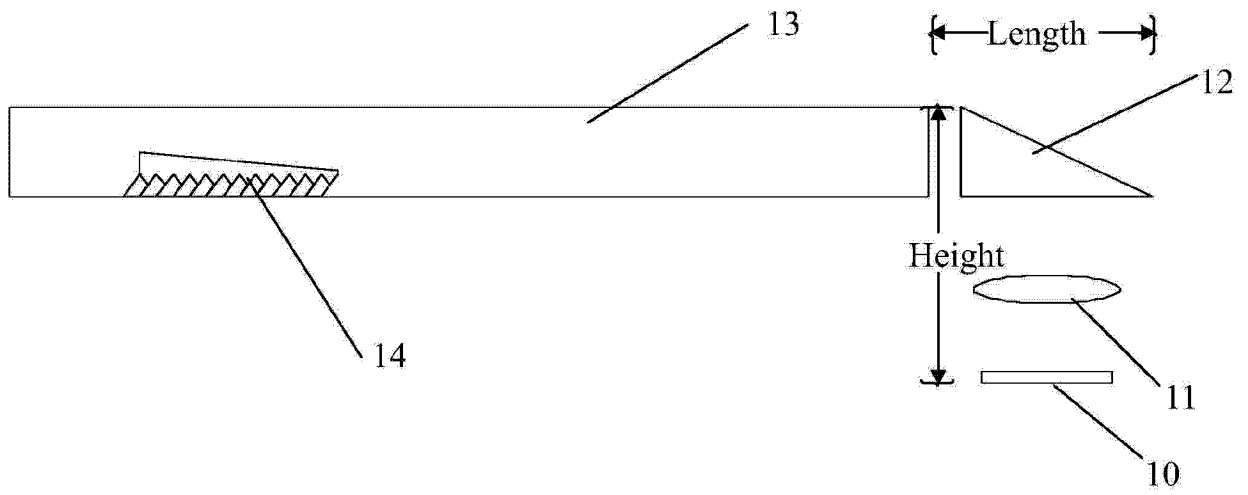


图 1

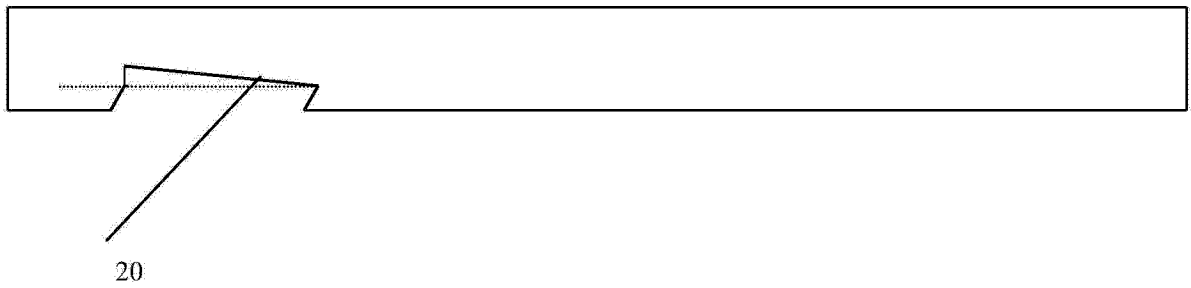


图 2

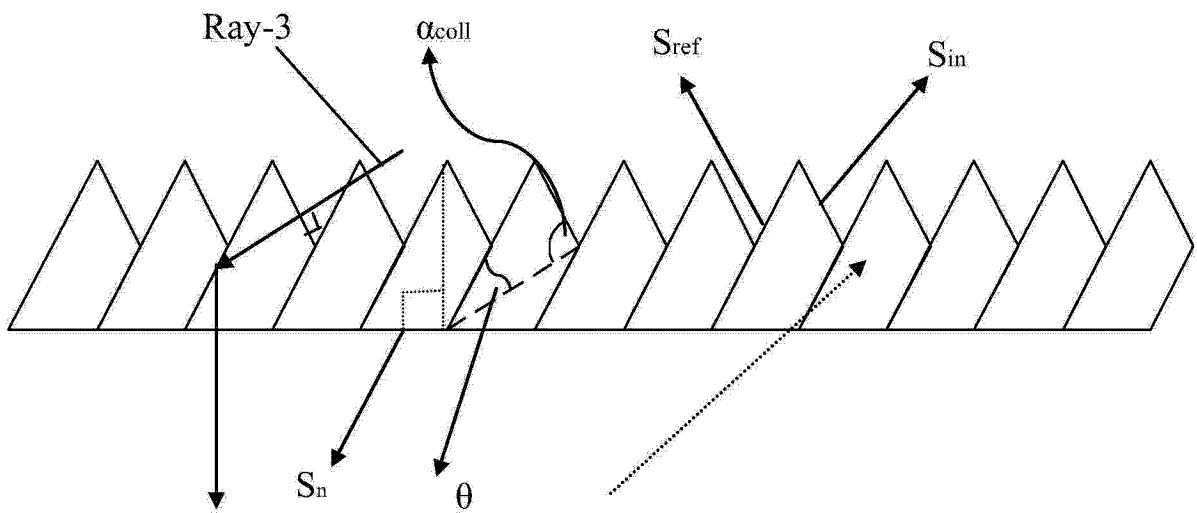


图 3

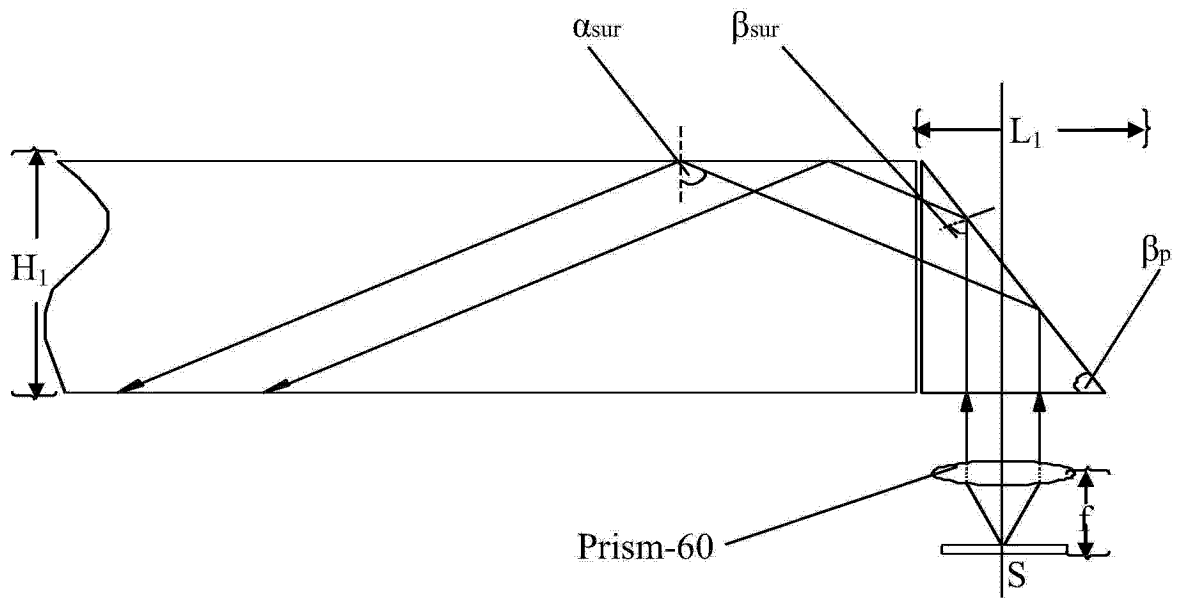


图 4

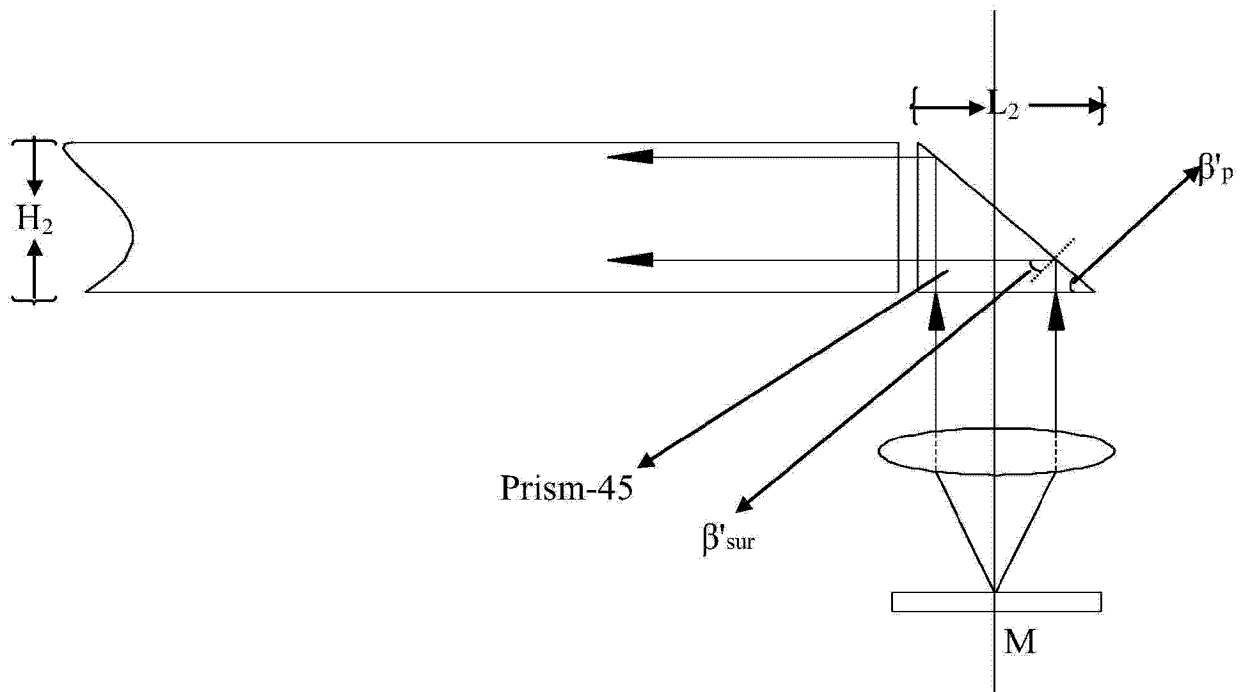
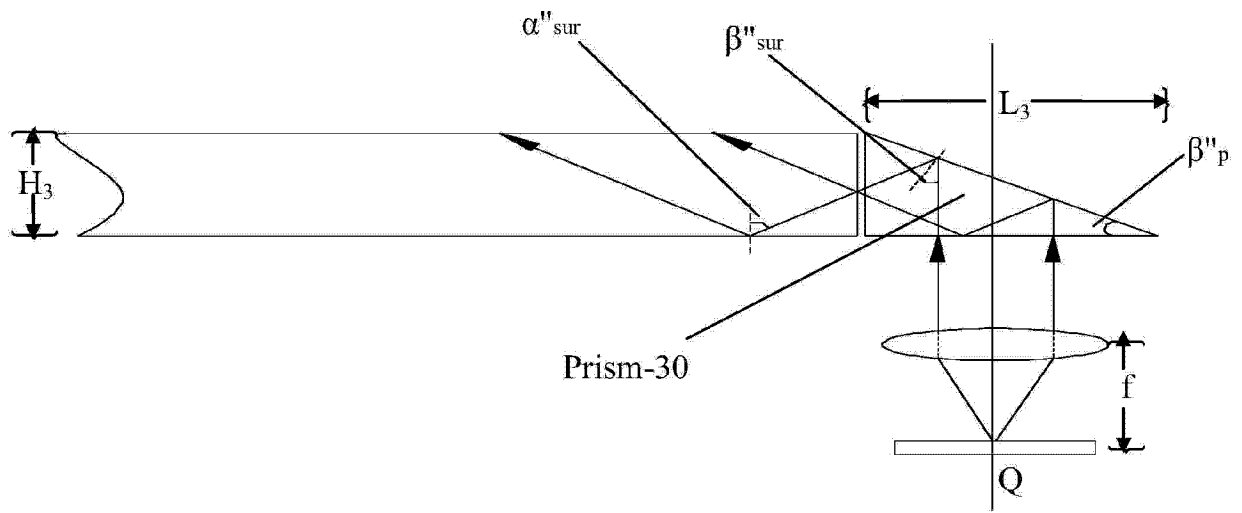
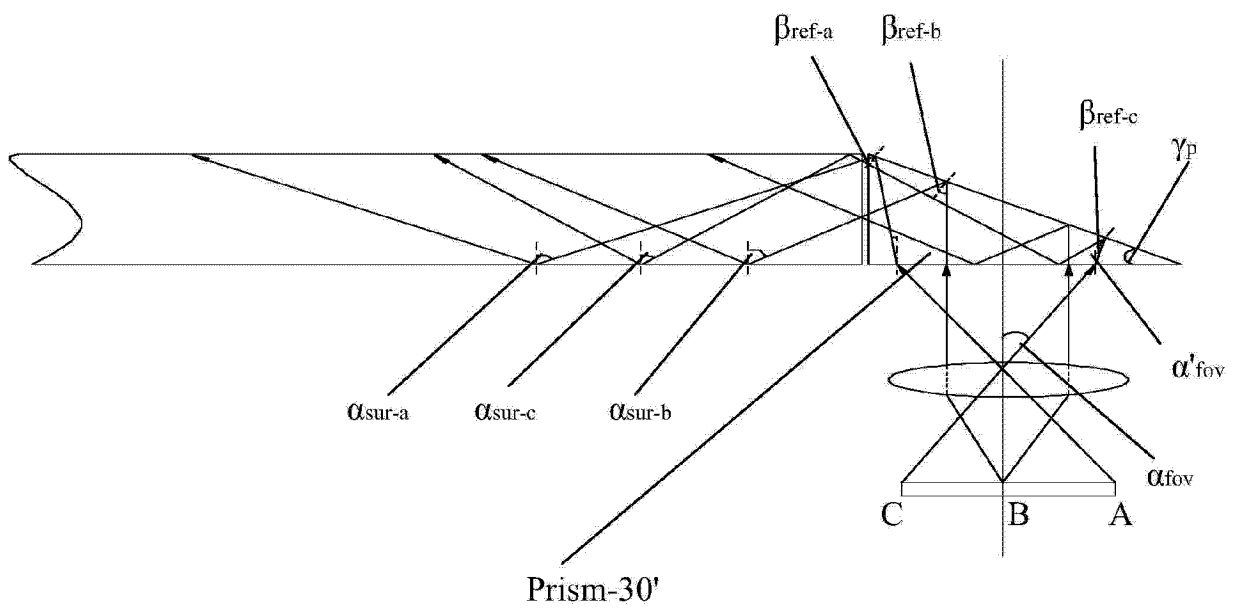


图 5



A



B

图 6

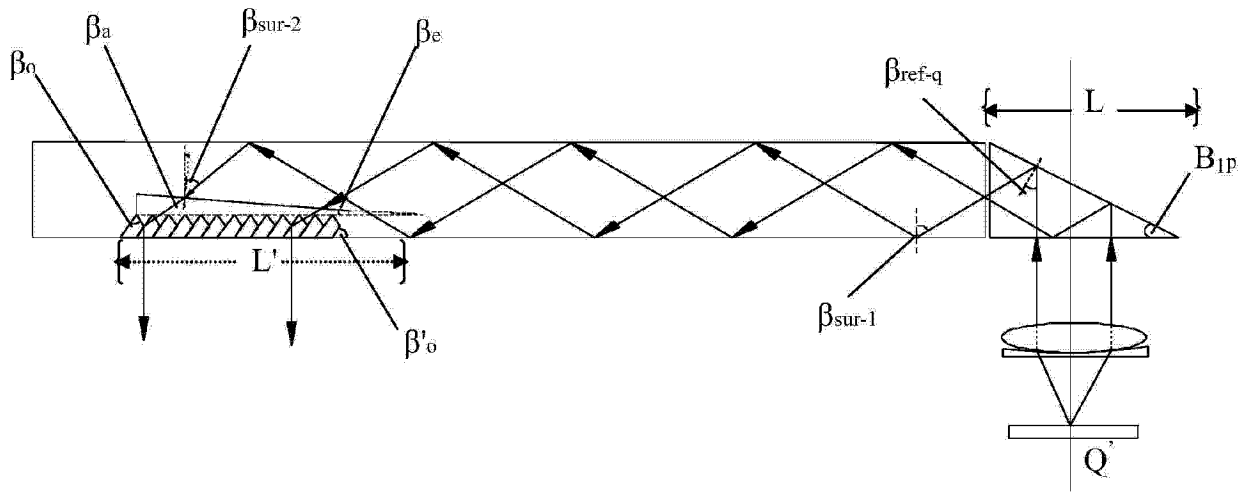


图 7

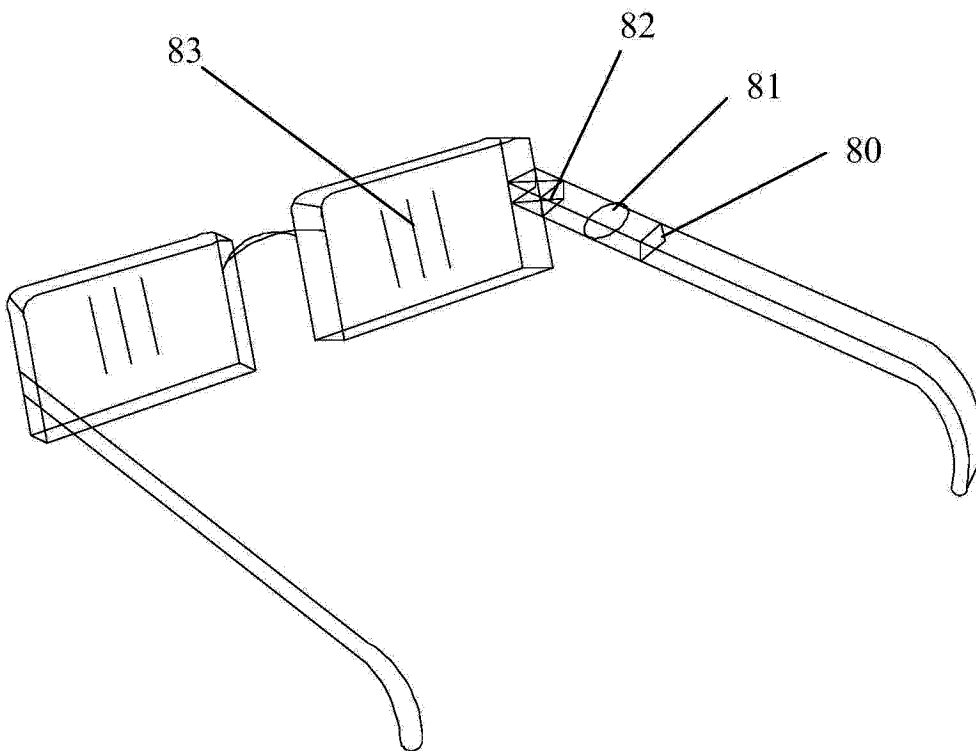


图 8