



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104536088 B

(45)授权公告日 2018.05.08

(21)申请号 201510036527.4

(22)申请日 2015.01.24

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104536088 A

(43)申请公布日 2015.04.22

(73)专利权人 上海理湃光晶技术有限公司

地址 200082 上海市杨浦区1135弄2号2079
室

(72)发明人 张圣军 张庆

(51)Int.Cl.

G02B 6/124(2006.01)

G02B 27/01(2006.01)

审查员 何雅静

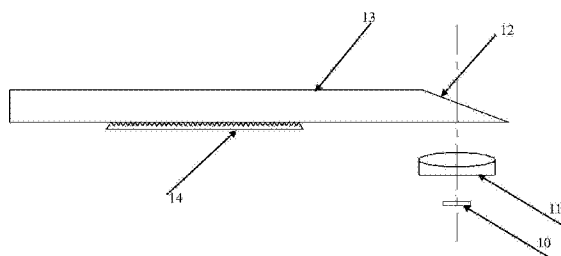
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

齿形镶嵌平面波导光学器件

(57)摘要

本发明提供了一种齿形镶嵌平面波导光学器件,包括图像光源、准直透镜、耦合输入面、平面波导衬底以及微齿形结构。其中图像光源用来发出显示所需图像的显示光波,准直透镜用来对光源发出的光波进行准直,耦合输入面将准直光波耦合进入到平面波导,平面波导衬底则对耦合进入的光波进行反射传播形成全反射光波,微齿形结构将对全反射光波进行耦合输出。本发明具有加工工艺简单易实现、重量轻、结构紧凑、视场增加灵活以及光波耦合效率高的特点,不仅可用于可穿戴显示,同时还可用于扩展均匀照明、裸眼3D显示以及移动屏幕显示等应用领域。



1. 一种齿形镶嵌平面波导光学器件,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,用于对光源发出的光波进行准直;

耦合输入面,将准直光波耦合进入到平面波导;

平面波导衬底,对耦合进入的光波进行反射传播形成全反射光波;

微齿形结构,对全反射光波进行耦合输出,

其中,所述的微齿形结构设置在平面波导衬底远离显示图像光源的一端侧面上,微齿形结构由一定数量的微型小齿衔接组成,这些微型小齿对在平面波导衬底中传播的全反射光波进行耦合输出;

所述微型小齿具有入射面、出射面和底面,且所述入射面与出射面均与所述平面波导衬底的出射面形成倾斜夹角,所述底面平行于所述平面波导衬底的上下表面;

进而使得:

进入齿形微结构后的光线和微齿形结构的出射面相碰撞;

碰撞后经过出射面的反射被耦合输出到微齿形结构外进入到观察视野范围之内;

碰撞后经过出射面的折射后与入射面相碰撞,由入射面折射进入微齿形结构,进入微齿形结构后和微齿形结构的底面相碰撞,从而经底面反射后光线继续在微齿形结构中传播,从而返回平面波导衬底;

所述微齿形结构位于所述平面波导衬底外。

2. 根据权利要求1所述的平面波导光学器件,其特征在于:

其中,所述准直透镜采用单个非球面镜,所述微齿形结构的各个微型小齿的表面加工到镜面效果,即表面粗糙度Ra应小于成像光的波长尺寸,微齿形结构和平面波导衬底采用适当的光学胶水进行粘结。

3. 根据权利要求1所述的平面波导光学器件,其特征在于:耦合输入面的外表面蒸镀一层具有适当反射率的反射膜,同时在该反射膜外加镀一层具有适当透射率的介质膜作为保护。

4. 根据权利要求1所述的平面波导光学器件,其特征在于:

其中,所述平面波导衬底由具有相互平行的且镀有反射膜的上表面和下表面的光学材料构成,该材料具备有合适的折射率、透过率及机械性能。

5. 根据权利要求1所述的平面波导光学器件,其特征在于:

其中,所述微齿形结构中单个微齿的宽度 T_w 应大于成像光波长的长度,以避免因微齿形结构造成强烈衍射效应,而影响成像效果。

6. 根据权利要求1所述的平面波导光学器件,其特征在于:

其中,所述耦合输入面顶角到微齿形结构靠近耦合输入面所在位置的物理长度 L_{ray} 、平面波导衬底的厚度 H_p 、全反射光波与衬底下表面法线的夹角 α_{sur} ,三者之间满足下述关系:

$$L_{ray} > 3H_p * \tan(\alpha_{sur})。$$

7. 根据权利要求1所述的平面波导光学器件,其特征在于:

其中,所述微齿形结构的整体长度 L_t 、平面波导衬底的厚度 H_p 、全反射光波与衬底下表面法线的夹角 α_{sur} ,三者之间满足下述关系:

$L_t > 2H_p * \tan(\alpha_{Sur})$ 。

齿形镶嵌平面波导光学器件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种平面波导光学器件,特别是一种可用于全眼穿戴穿透显示的齿形镶嵌平面波导光学器件。

背景技术

[0002] 传统的头盔穿戴显示系统采用45°反射式的结构来实现。这种结构在视场增大和头盔的整体重量方面存在着很大的矛盾。为了增加视场,只有通过增加45°反射面的面积来实现,这意味着整体反射系统的重量增加。通常,头盔穿戴显示设备为了方便穿戴者在浏览信息的同时不影响正常的行为方式,利用光学元件将图像信息虚拟地显示在人眼前方的一定距离处。此类光学显示系统的核心组件由三部分组成:图形信息光波耦合输入组件、信息光波传输衬底以及图像光波耦合输出显示组件。因此,结构紧凑、轻重量、大视场以及高分辨率的图像显示技术一直是此类光学显示系统亟待解决的关键问题。其中,轻重量和大视场尤为重要。在某些应用领域,观察视场范围的大小直接影响到人员的安全以及观察者获取信息的完整性,同时显示系统的整体重量对于佩戴者的舒服程度也有很大的影响。

[0003] 为了解决传统穿戴显示光学系统中由于光学成像系统重量和视场矛盾以及制造工艺带来的一系列问题,本发明设计了一种齿形镶嵌平面波导光学器件。

发明内容

[0004] 为了解决上述问题,本发明提供了一种齿形镶嵌平面波导光学器件。

[0005] 为了达到上述目的,本发明采用了以下的技术方案:

[0006] 一种齿形镶嵌平面波导光学器件,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;耦合输入面,将准直光波耦合进入到平面波导;平面波导衬底,对耦合进入的光波进行反射传播形成全反射光波;微齿形结构,对全反射光波进行耦合输出。其中,微齿形结构设置在平面波导衬底远离显示光源的一端侧面上,微齿形结构由一定数量的微型小齿衔接组成,这些微型小齿对在平面波导衬底中传播的全反射光波进行耦合输出。本发明主要采用全反射、微齿形面反射原理以及镀膜技术实现的。来自显示光源的光线经准直透镜准直后入射到耦合输入面,经反射进入到平面波导衬底。采用棱镜改变光线传播方向的原理,使光线满足全反射的条件,在平面波导衬底中无损耗地传输到需要显示输出的位置。由于镶嵌微齿形结构的存在,打破了光线在平面波导衬底中全反射传播的条件,经过微齿形齿面的反射,使光线耦合输出到微齿形结构外而进入到观察者的视野中。对于周围环境中的光线,经过波导上下表面的反射直接进入到人眼中,从而完成图像信息和周围环境信息的同时观察。

[0007] 本发明提供的平面波导光学器件中,还具有这样的特征:准直透镜采用单个非球面镜,微齿形结构的各个微型小齿的表面加工到镜面(表面粗糙度 R_a 应小于成像光的波长尺寸,如10-20nm)的效果,微齿形结构和平面波导衬底采用适当的光学胶水进行粘结,如折射率匹配的紫外胶。

[0008] 本发明提供的平面波导光学器件中,还具有这样的特征:耦合输入面的外表面蒸镀一层具有适当反射率的反射膜,如铝膜,同时在该反射率膜外加镀一层具有适当透射率的介质膜如SiO₂膜作为保护。

[0009] 本发明提供的平面波导光学器件中,还具有这样的特征:平面波导衬底由具有相互平行的且镀有反射膜的上表面和下表面的光学材料构成,该材料具备有合适的折射率、透过率及机械性能,如PMMA。

[0010] 本发明提供的平面波导光学器件中,还具有这样的特征:其中,耦合输入面顶角到微齿形结构靠近耦合输入面所在位置的物理长度为L_{ray}与平面波导衬底的厚度H_p以及全反射光波与衬底下表面的夹角 α_{sur} 之间满足下述关系: $L_{\text{ray}} > 3 H_{\text{p}} * \tan(\alpha_{\text{sur}})$ 。

[0011] 本发明提供的平面波导光学器件中,还具有这样的特征:其中,微齿形结构的整体长度L_t与平面波导衬底的厚度H_p以及全反射光波与衬底下表面的夹角 α_{sur} 之间满足下述关系: $L_{\text{t}} > 2 H_{\text{p}} * \tan(\alpha_{\text{sur}})$ 。

[0012] 本发明提供的平面波导光学器件中,还具有这样的特征:其中,微齿形结构中单个微齿的宽度T_w应大于成像光波长的长度,如600um,以避免因微齿形结构造成强烈衍射效应,而影响成像效果。

[0013] 与现有的成像系统相比,本发明的有益效果是:加工工艺简单易实现、重量轻、结构紧凑、视场增加灵活以及光波耦合效率高。这些有益的效果使得本发明光学系统相比于传统45°反射显示系统,成像系统的体积和重量得以减小。在相同的体积下,本发明的光学系统视场更大,光波耦合效率更高、成本更低、结构也更紧凑小巧。

附图说明

[0014] 图1本发明齿形镶嵌平面波导光学器件示意图;

[0015] 图2本发明齿形镶嵌平面波导光学器件平面波导衬底示意图;

[0016] 图3本发明齿形镶嵌平面波导光学器件微齿形结构示意图;

[0017] 图4本发明齿形镶嵌平面波导光学器件光线光路图;

[0018] 图5为本发明齿形镶嵌平面波导光学器件中平面波导衬底和微齿形结构不同结合关系下的光线光路图,其中5A为空气间隔微接触下的光线光路图,5B为匹配折射率紫外胶附着下的光线光路图;

[0019] 图6本发明齿形镶嵌平面波导光学器件结构参数示意图;以及

[0020] 图7本发明齿形镶嵌平面波导光学穿戴显示器件应用示意图。

具体实施方式

[0021] 以下结合附图对本发明的具体工作过程给予说明。

[0022] 图1为本发明齿形镶嵌平面波导光学器件的示意图,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,耦合输入面12,平面波导衬底13,微齿形结构14。显示光源10上一点发出的光波经过准直透镜11的准直后入射到耦合输入面12上,通过耦合表面的反射后进入平面波导衬底13中传播,光线在平面波导衬底中以全反射的形式传播一定的光程后到达微齿形结构14上,打破了全反射条件使光线耦合输出到观察者的眼睛中。下面针对本发明的各个组成部分的作用给以相应的说明。

[0023] 显示光源10在头戴显示应用系统中主要提供用来观察的图像信息。而目前主流的显示光源有DLP、LCD、OLED、Lcos等。不同的显示技术对应于不同的显示要求。为了能够使得显示系统的整体结构在体积上趋于微型化,且考虑光源各点亮度的均匀性、输出光效以及亮度要求和分辨率与尺寸的限制等因素,通常选择体积合适、亮度均匀、分辨率高的光源作为微显示系统的显示光源,如Lcos。为了满足光学设计和膜系设计等要求,通常会在显示光源前面加偏光片,用于改变来自显示系统的光波的偏振态。但这将导致进入波导显示系统的整体光效的大大减弱。不过,硅基液晶Lcos的光效足以满足相应的应用要求。对于硅基液晶Lcos可根据具体的要求选择CF-Lcos或CS-Lcos,两者主要在分辨率上存在显著差别。同尺寸的CS-Lcos的分辨率通常高于CF-Lcos。

[0024] 准直透镜11主要是对显示光源发出的光波进行准直。在头戴显示应用中,人眼作为最终的图像信息接收器,需要对来自图像的光波进行准直以达到人眼自由放松观看的实际要求。一般采用光学球面透镜对光波进行准直,但是由于光学系统像差的存在,图像经过透镜后存在着象散、畸变、场曲、彗差等像差,为此对于准直透镜需要按照应用要求进行严格的像差矫正,以期达到理想的成像效果,否则就会影响光学系统的最终分辨率,使得人眼无法清楚的观看到真实的图像信息。由于普通球面镜在矫正像差时,需要有不同材料和曲率半径的透镜组合而成,这会使整个系统的重量和体积增大。因此通常采用非球面镜来完成像差的矫正,由于在矫正像差时,单个非球面镜即可实现,从而给系统的整体结构及重量带来了益处。

[0025] 耦合输入面12是采用镜面折射的原理利用棱镜来改变光线的传播方向。在成像系统中通过棱镜使图像光波从一个位置传送到另一个所需的位置。来自准直透镜中的准直光波和耦合输入面相碰撞以后,耦合输入面通过改变光线的方向,使其满足相应的条件可以在衬底中传播。由于光线在反射面上除了反射还存在折射,因此为了增加耦合输入光波的能量,需要在耦合输入外表面蒸镀一层具有适当反射率的反射膜,最简单的反射膜为铝膜,考虑到环境对膜层的影响,需要在反射膜外面加镀一层具有合适透射率的介质膜如SiO₂膜起保护作用。

[0026] 平面波导衬底13的加工材料有很多种,如玻璃材料JGS1、JGS2、K9、BK7等,塑料材料有PET、PMMA等。由于每种材料的折射率、色散系数不同,导致全反射临界角、材料的透过率、吸收吸收系数和重量不同。考虑到实际应用条件的限制,需要根据具体要求进行选择。光波在衬底中传播时需要满足全反射的条件,以保证光线没有折射出衬底。同时应尽可能减少材料本身对光波能量的吸收,否则会使大量的光波能量在传输过程中损失而影响图像的可见度。另外平面衬底材料本身限制了在衬底中传输的图像的范围,为了扩大传输图像的范围,通常在衬底表面按照需求镀上一定反射率的膜层,对材料的全反射角给予一定的扩展。为此,平面波导衬底的材料通常选择具备合适折射率、透过率以及机械性能的光学材料,如塑料亚克力PMMA。且塑料亚克力PMMA($n_d=1.49$)的全反射临界角为 42.2° ,高于一般的K9玻璃($n_d=1.52$)的全反射临界角 41.8° ,另外PMMA的重量较轻,对于同等体积的K9玻璃和PMMA塑料,PMMA的重量是K9玻璃的一半,这种优势可以用来减轻穿戴显示应用设备的重量。

[0027] 微齿形结构14用来破坏光线的全反射条件使其耦合输出到齿形结构外。光波经过平面波导衬底13的传输进入到微齿形结构14中,由于微齿形结构14和平面波导衬底13采用适当的光学胶水进行粘结,如折射率匹配的紫外胶,从而可以使光线没有偏折地直接到达

微齿形结构14中。经过微齿形结构14齿面的反射,破坏了光线的全反射条件使光线耦合输出进入人眼。齿形结构的存在可以使整个齿形表面都实现对光线的反射,由于光线能够覆盖整体表面,从而实现了观察者视场的扩展。这种视场扩展齿形结构在工艺加工上很容易实现、但是齿形结构表面加工需要达到镜面(表面粗糙度 R_a 应小于成像光的波长尺寸,如10-20nm)的效果,否则由于漫反射的存在会使图像的清晰度降低。通常齿形结构采用注塑、金刚石切割等办法实现,这些加工工艺相对应的表面粗糙度可满足要求。

[0028] 本发明平面波导器件的工作步骤以及实例应用:

[0029] 图2为本发明齿形镶嵌平面波导光学器件的平面波导衬底示意图。为了保证来自光源的图像信息能够传输到需要的显示输出位置,这一过程主要利用全反射原理来实现光线在衬底中的无能量损失传输。来自图像光源的准直光线20垂直入射到平面衬底中,由于垂直光线20在衬底中应按照全反射的原理传播,为此采用棱镜反射面来改变光线的传播方向。经反射面 Ref_surf 的反射,光线20初次和平面波导衬底的下表面 Sur_bottom 碰撞,通过衬底下表面 Sur_bottom 的反射,光线20紧接着与平面波导衬底的上表面 Sur_up 碰撞。在整个光线传播过程中必须始终保持光线20和平面波导衬底法线的夹角 α_{Sur} 大于衬底材料(PMMA $n_d=1.49$)的全反射临界角(42.2°),否则光波能量在传播过程中极易损失,造成最终显示图像信息的丢失,影响观察图像的视场范围。为了实现上述光线传播的光路路径,以主轴光线为设计参考,各参数需满足的条件为:

[0030] $\alpha_{Sur-ref} = \beta$

[0031] 其中, β 是反射面 Ref_surf 和衬底下表面 Sur_bottom 的夹角, $\alpha_{Sur-ref}$ 是主轴光线和反射面 Ref_surf 法线的夹角。

[0032] $\alpha_{Sur} = 2\alpha_{Sur-ref}$

[0033] 其中, α_{Sur} 是主光线和平面波导衬底上表面 Sur_up 法线的夹角。满足上述条件的情况下,主轴光线可以无能量损失的在衬底中传播,对于其它方向的光束,只要和衬底下表面的反射角大于临界角都可以无损的传输。

[0034] 图3为本发明齿形镶嵌平面波导光学器件的微齿形结构示意图。微齿形结构32由一定数量的微型小齿31组成,这些微型小齿用于破坏光线在衬底表面的全反射条件,从而使其耦合输出到衬底外。来自衬底的光线34首先与微齿形结构的 Sur_input 面相碰撞,垂直折射进入齿形微结构中。进入齿形微结构后光线34紧接着和微齿形结构的 Sur_output 面相碰撞,经过 Sur_output 面的反射被耦合输出到微齿形结构外进入到观察视野范围之内。光线33首先与微齿形结构的 Sur_input 面相碰撞垂直折射进入微齿形结构中。进入微齿形结构后光线34紧接着和微齿形结构的 Sur_output 面相碰撞,再次经过 Sur_output 面的折射后与 Sur_input 面相碰撞,由 Sur_input 面折射进入微齿形结构。进入微齿形结构后和微齿形结构的 Sub_bottom 面相碰撞,由于光线和 Sub_bottom 面的法线夹角大于全反射临界角,从而光线继续在微齿形结构中传播。为了使光线在微齿形结构中传播时满足上述条件,以主轴光线为结构参数参考设计光线,齿形结构的各参数满足下述关系:

[0035] $\beta_{t-1} = \beta_{t-2} = \beta_{t-3} = \alpha_{Sur}$

[0036] 其中, β_{t-1} 是微齿形结构的 Sur_input 面与水平面的夹角, β_{t-2} 是微齿形结构的 Sur_output 面与 Sur_input 面的夹角, β_{t-3} 是微齿形结构的 Sur_output 面与水平面的夹角。

[0037] $\beta_{ref-t} = \beta_{t-2}$

[0038] 其中, $\beta_{\text{ref-t}}$ 是主轴光线与微齿形结构的 Sur-input 面法线的夹角。

[0039] $\beta_{\text{surf-t}} = \beta_{\text{ref-t}}$

[0040] 其中, $\beta_{\text{surf-t}}$ 是主光线与微齿形结构的 Sub-bottom 面法线的夹角。

[0041] $\beta_{\text{bottom}} = \beta_{\text{surf-t}}$

[0042] 其中, β_{bottom} 是微齿形结构的 Sub-bottom 面与 Sur-output 面的夹角。

[0043] 上述微齿形结构参数,均以主光轴线为参考进行光路参数确定,对于轴外点的光线传输时,由于微显示轴外点光束的偏轴角一般很小,因此,上述参数关系足以满足相应轴外光束传播条件。

[0044] 图4为本发明齿形镶嵌平面波导光学器件光线光路图。来自光源的准直光束垂直入射到平面衬底的耦合输入面 40,耦合输入面类似于共轴光学系统中的孔径光阑,限制了进入平面波导中的光束的大小,即限制了进入衬底的光束能量。通常,光线垂直折射进入衬底时有4%的能量由于衬底表面的反射将被损失掉,这些反射的光束一方面造成了整体图像能量的损失,另一方面反射光线产生了二次像,影响原始图像的清晰度。为此通常在耦合输入面 40的有效面积处镀相应的增透膜,用于增加入射光波的能量。进入平面波导衬底的光束在平面衬底中以全反射的形式进行无损耗传播。传播一定的光程后到达齿形耦合输出面的位置,齿形结构主要用于打破光束的全反射条件使其耦合输出到观察者的视野中。为了光波能量尽可能的耦合输出到微齿形结构外部,通常在微齿形结构的表面镀一定反射率的反射膜。通过微齿形结构的反射,光线被耦合输出到齿形的微结构外部的进入到观察者视野范围 42中,从而实现图像信息的位置变化和显示。对于来自外部的光线 41通过折反射也相应的进入观察者的视野范围中,与来自显示光源的图像信息进行相互叠加,完成周围景物和实时信息的相互切换。

[0045] 图5为本发明齿形镶嵌平面波导光学器件中平面波导衬底和微齿形结构不同结合关系下的光线光路图。通常,为了加工工艺的方便,齿形镶嵌平面波导光学器件的平面波导衬底和微齿形结构可以独立的加工。虽然独立加工简易了加工工艺,但是为了保持最终系统的整体性以及满足设计的要求两者必须附着在一体,因此附着过程中就存在了两者间隙折射率匹配的问题。由于微小齿结构的存在,平面衬底和微齿形结构中间存在着空气 Air-Gap。如图5A所示,如果不采用相应折射率溶液的填充,仅采用简单的胶合方式使两者以空气间隔 Air-Gap 微接触,来自光源光波的准直光束垂直入射到衬底耦合输入面处进入到平面波导衬底中传播,传播一定的光程之后到达微齿形结构的方位,由于两者之间存在空气介质的缘由,光线无法直接耦合输出衬底进入微齿形结构中,从而光线继续保持在平面波导中传播,导致光波信息无法进入观察者的视野中。为了满足光路设计的要求,使平面波导衬底中的全反射光波能够经过微齿形结构耦合输出进入到观察者的视野中,必须采用适当的光学胶水填充于两者之间来消除两者折射率差的存在,通常选择的是折射率匹配的紫外胶。如图5B所示,通过填充相应折射率的紫外胶 UV-Adhesive,来自图像光波的光线在衬底中传输进入到齿形所在位置,由于折射率匹配紫外胶 UV-Adhesive 的存在,光线可以无反射的直接进入到微齿形结构中,经过微齿形结构微齿面的反射,一部分耦合输出到微齿形结构外部,另一部分再次进入到平面衬底中继续传播。为了避免由于光线在衬底中继续传播反射到齿形衬底中二次反射引起对于原图像的干扰,可在衬底的相应位置涂一定的物质如消光漆来消除这部分光束的影响。

[0046] 图6为本发明齿形镶嵌平面波导光学器件结构参数示意图。为了更好的说明器件的工作原理,以具体的器件实例参数给予定量说明。在平面光学设计中,通常对于器件参数的确定以主轴光线为参考光线进行相应参数的确定,具体关系如下:

[0047] $H_p = 4 \text{ mm}$

[0048] 其中, H_p 为平面波导衬底的厚度。本器件的加工主要以PMMA为主要材料。PMMA材料具有密度小的巨大优势,考虑到为了扩展观察者的观察视场,器件的厚度和微齿形结构的长度应有一定的要求。平面波导的厚度太小光线无法一次反射完成视场的扩展,同时加大了加工工艺的难度,另一方面微齿形结构的长度太短,必然导致微小齿的数量减少,这两方面都影响光线的耦合输出效率以及工艺的难易,为此对于器件的厚度必须兼顾重量和一次光线耦合输出设计。

[0049] $\beta = 30^\circ$

[0050] 考虑到主轴光线垂直入射进入衬底以后,经过反射面Ref-surf的反射后,很可能经过Sur-bottom的反射后再次与反射面Ref-surf相遇,因此上述参数值可避免光线的二次相遇。

[0051] $\alpha_{\text{Sur}} = 2\beta = 60^\circ$

[0052] 对于 α_{Sur} 必须保证大于平面波导衬底材料的全反射临界角,否则图像信息将由于光线的折射导致大量的损失。对于本发明器件主要材料的选取偏向于PMMA材料,对于PMMA材料全反射临界角为 42.2° , $\alpha_{\text{Sur}} = 60^\circ > 42.2^\circ$ 满足设计要求。

[0053] $L_{\text{ray}} = 32.7 \text{ mm}$

[0054] 其中, L_{ray} 为耦合输入面顶角到微齿形结构靠近耦合输入面所在位置的物理长度,为了避免杂散光对成像质量的影响,一般通过增加 L_{ray} 的长度,使杂散光在传播过程中由于反射角小于临界角而耦合输出到衬底外。一般要求 :

[0055] $L_{\text{ray}} > 3 H_p \cdot \tan(\alpha_{\text{Sur}})$

[0056] 对于微齿形结构的角度参数相应的可由平面波导结构的参数给予确定:

[0057] $\beta_{t-1} = \beta_{t-2} = \beta_{t-3} = \alpha_{\text{Sur}} = 60^\circ$

[0058] $\beta_{\text{ref-t}} = \beta_{t-2} = 60^\circ$

[0059] $\beta_{\text{surf-t}} = \beta_{\text{ref-t}} = 60^\circ$

[0060] $\beta_{\text{bottom}} = \beta_{\text{surf-t}} = 60^\circ$

[0061] $H_t = 0.87 \text{ mm}$

[0062] $L_t = 20.5 \text{ mm}$

[0063] $T_w = 0.8 \text{ mm}$

[0064] 其中, H_t 为齿形结构的整体厚度, L_t 是微齿形结构的整体长度, T_w 为微型齿结构的宽度。为了使光线进入衬底,被齿形面反射以后还能继续传播返回平面衬底中,通常在微齿和微齿形结构的底面直接保持一定的厚度,但是厚度不必要太大否则易造成齿形结构整体体积的增加,。 L_t 长度确定通常依据主轴光线一次反射来确定,即要求:

[0065] $L_t > 2 H_p \cdot \tan(\alpha_{\text{Sur}})$

[0066] T_w 的数值不能过于太小,否则将发生光波的衍射效应,破坏了几何光学设计的基本要求,为了避免上述现象的出现,通常 T_w 的取值选取应大于成像光波长的长度,如 $600 \mu\text{m}$,以避免因微齿形结构造成强烈衍射效应,而影响成像效果。

[0067] 对于本发明齿形镶嵌平面波导光学器件的横向长度可根据相应的应用选取,没有

固定的比例。再者横向尺寸对于光学设计不会造成任何影响。上述参数的选取是基于主轴光线来设计和选取的,对于其它角度入射的光线也满足相应的要求。

[0068] 图7为本发明齿形镶嵌平面波导光学穿戴显示器件应用示意图。其中70为显示光源,71为准直透镜,72为平面波导衬底,73为微齿形结构,74为承载显示光源和准直透镜的镜架。其基本工作过程为:显示光源70接收显示信息后通过光波的形式将信息投递出去,通过准直透镜71的准直,将光波耦合进入平面波导衬底72中,光波在平面波导中传输到微齿形结构73所在位置,被耦合输出到到观察者的视野中。将上述几部分按照机械结构设计的要求,组装在眼镜框中用于单眼穿透式显示。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,同时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,因此还可以观察外面景物的变化。再者根据具体的要求可在普通眼镜框的两面分别加入波导器件,用于双眼3D显示。由于本发明选取的材质偏向于密度较小的PMMA光学塑料,因此用于双眼穿戴显示时,不会在重量上给佩戴者带来不舒服的感受。

[0069] 实施例作用与效果:

[0070] 本实施例提供的齿形镶嵌平面波导光学器件,由于微齿形结构和平面波导衬底采用匹配折射率的紫外胶进行粘结,从而可以使光线没有偏折地直接到达微齿形结构,可以使整个齿形表面都实现对光线的反射,由于光线能够覆盖整体表面,从而实现了观察者视场的扩展。而且通过采用注塑、金刚石切割等加工办法可以使齿形结构的表面加工到镜面的效果,减弱了漫反射,提高了图像的清晰度。

[0071] 本实施例提供的齿形镶嵌平面波导光学器件仅仅采用了准直透镜、平面波导衬底以及微齿形结构对光波进行传播和扩展,材料方面选择了密度较小的PMMA,整体上还具有结构紧凑、体积小重量轻、制造工艺简单等优点。

[0072] 本实施例采用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,本实施例提供的高效耦合、结构紧凑的齿形镶嵌平面波导光学器件引用于可穿戴显示时,不仅可以实时观看需要显示的图片信息,还可以观察外面景物的变化。

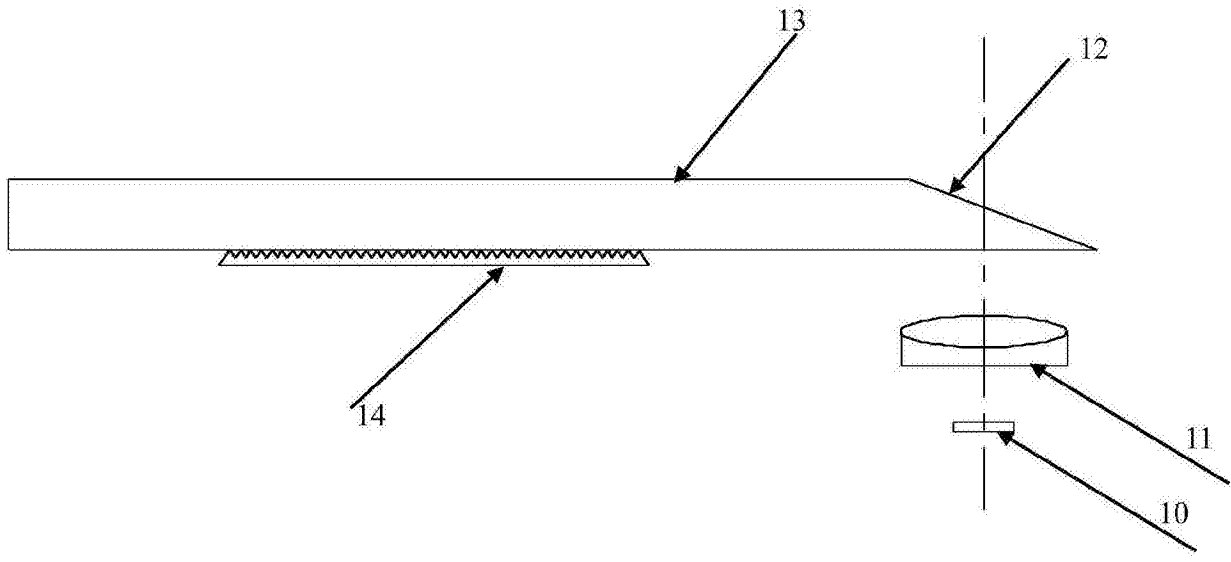


图1

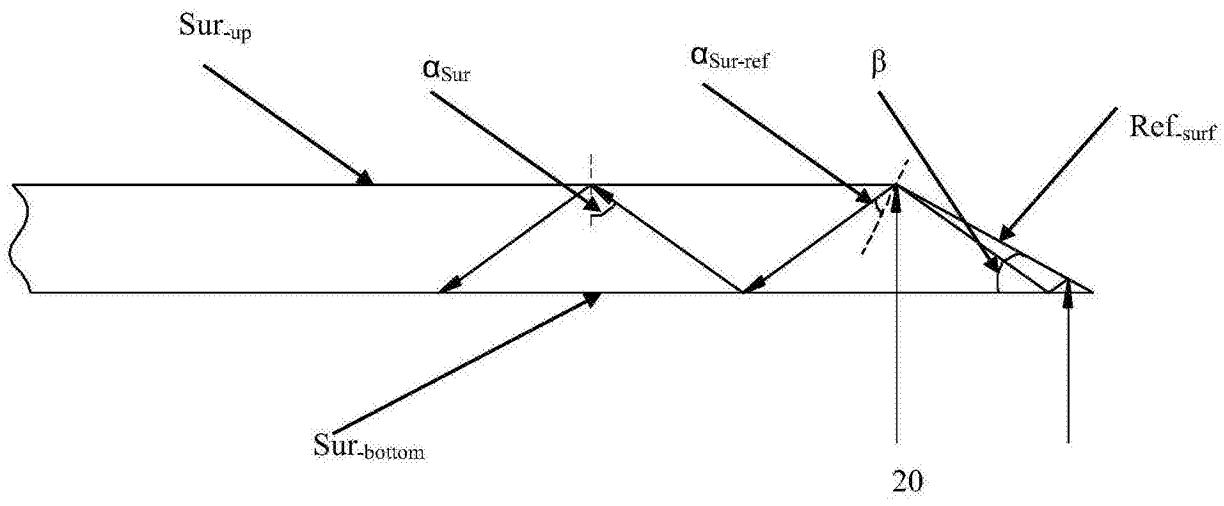


图2

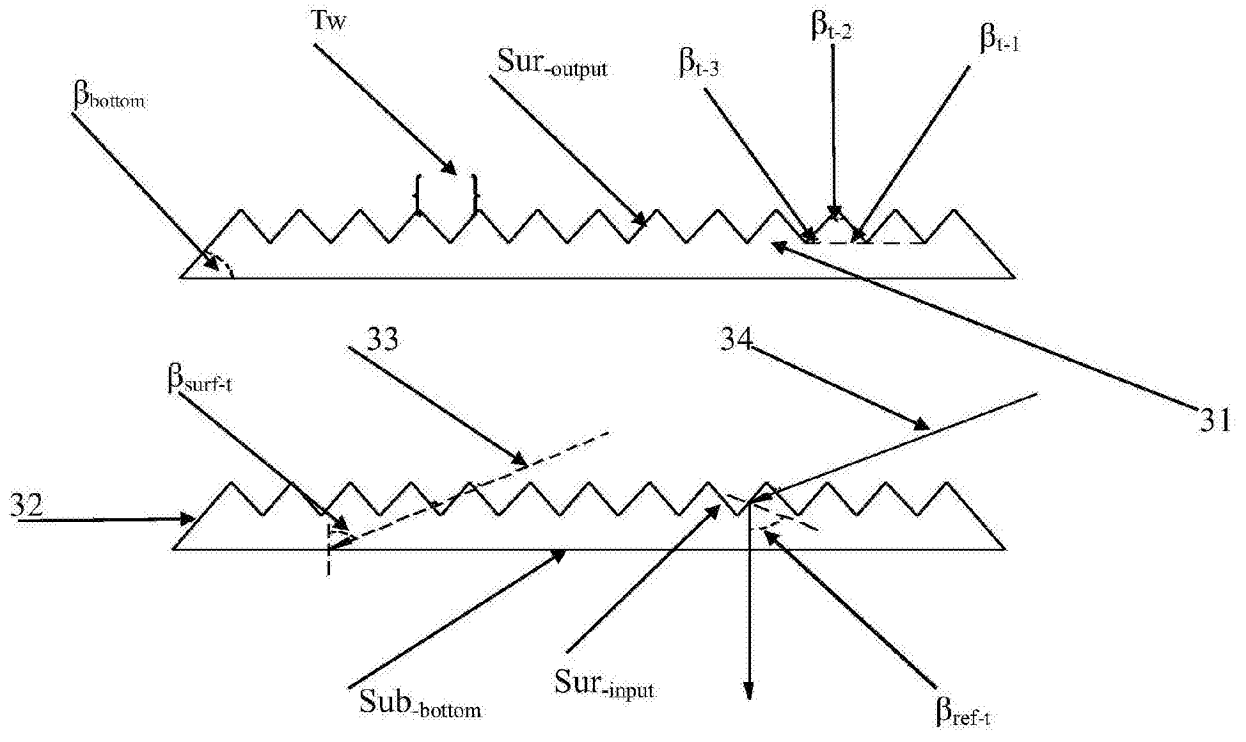


图3

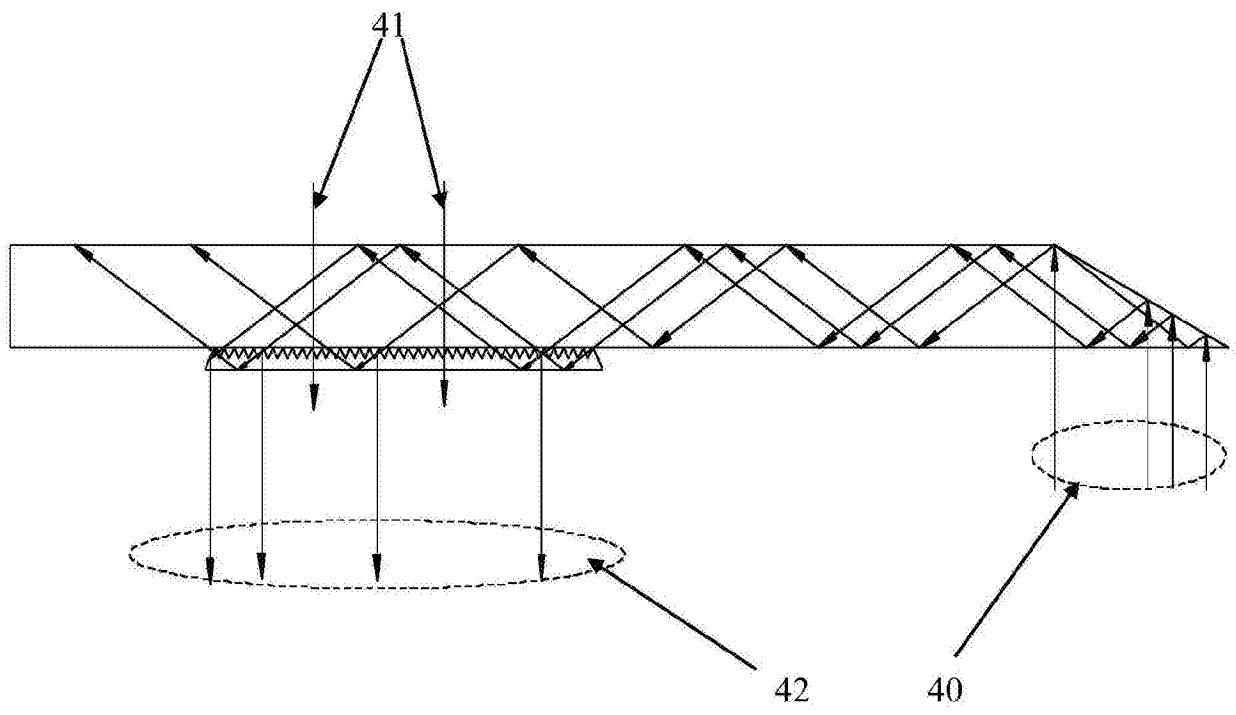


图4

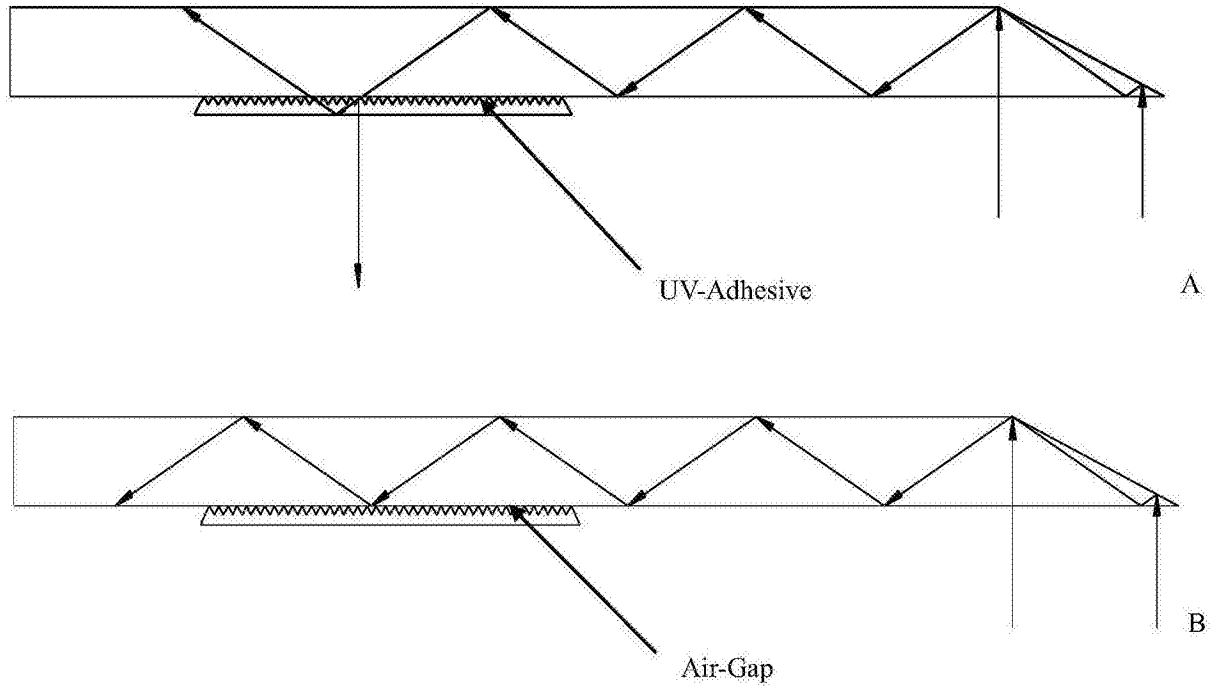


图5

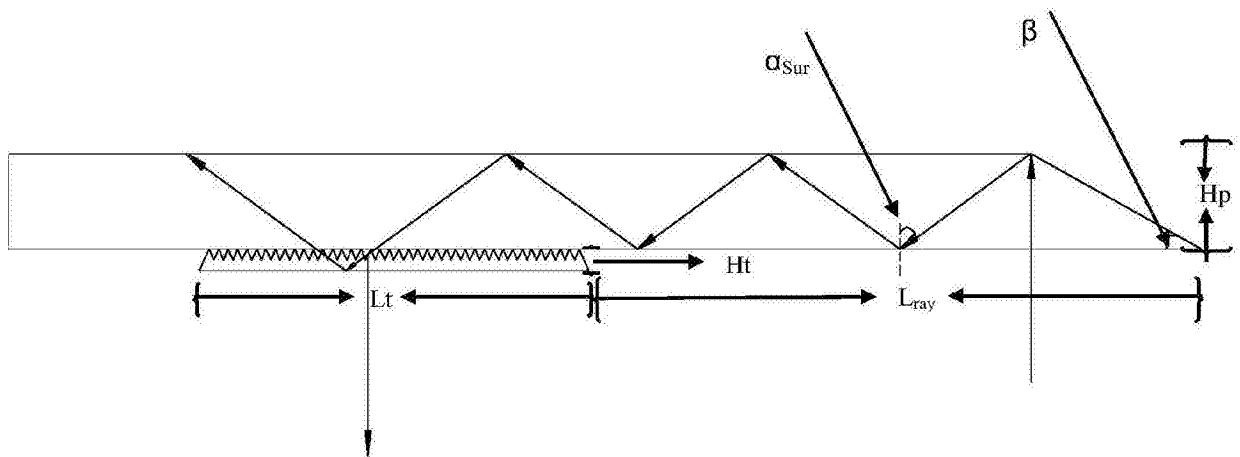


图6

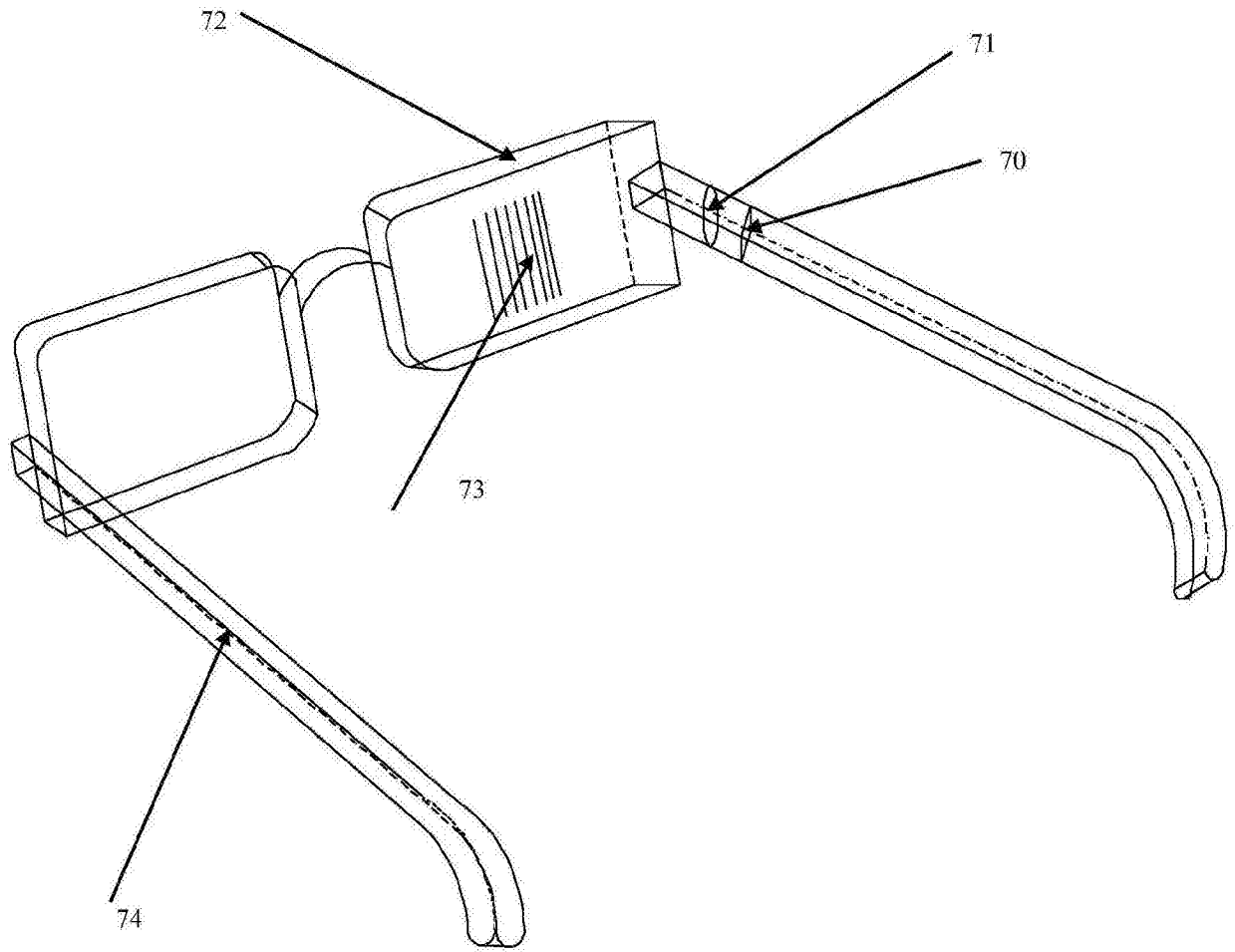


图7