



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104375271 B

(45)授权公告日 2017.12.22

(21)申请号 201410678004.5

G02B 27/22(2006.01)

(22)申请日 2014.11.21

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104375271 A

CN 103389580 A,2013.11.13,  
WO 2005/050282 A1,2005.06.02,  
CN 1774661 A,2006.05.17,  
CN 103389580 A,2013.11.13,  
CN 103995354 A,2014.08.20,  
JP 2000/267042 A,2000.09.29,

(43)申请公布日 2015.02.25

(73)专利权人 北京理工大学  
地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号

审查员 宋丽妍

(72)发明人 刘娟 高乾坤 韩剑

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 李相雨

(51)Int.Cl.

G02B 27/01(2006.01)

G02B 27/42(2006.01)

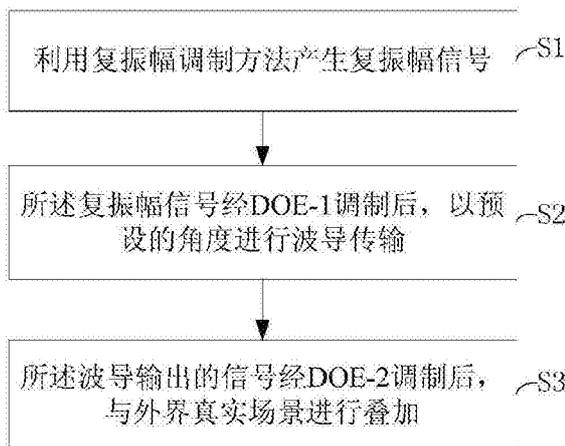
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

基于复振幅调制的波导增强现实显示方法及系统

(57)摘要

本发明提供了基于复振幅调制的波导增强现实显示方法,该方法包括:利用复振幅调制方法产生复振幅信号;所述复振幅信号经第一耦合衍射光学元件调制后,以一定的角度进行波导传输;所述波导输出的信号经第二耦合衍射光学元件调制后,与外界真实场景进行叠加。本发明还提供了基于复振幅调制的波导增强现实显示系统,该系统包括相位型空间光调制器或激光LCD显示器、分束镜、输入耦合衍射光学元件、波导及输出耦合衍射光学元件。本发明基于复振幅调制技术产生三维信号,没有视差,因此避免了人眼观察时的调焦-聚焦矛盾,使得系统具有较高的观感质量。



1. 一种基于复振幅调制的波导增强现实显示方法,其特征在于,所述方法包括:

利用复振幅调制方法产生复振幅信号;

所述复振幅信号经第一耦合衍射光学元件调制后,以预设的角度进行波导传输;

所述波导输出的信号经第二耦合衍射光学元件调制后,与外界真实场景进行叠加;

所述利用复振幅调制方法产生复振幅信号,包括:

利用双振幅调制方法产生复振幅信号,将两个预设的强度值分别加载至两个激光LCD显示器,经过一定距离的衍射后,得到目标复振幅信号;

其中,所述两个预设的强度值之间产生 $\pi/2$ 的相位差;

所述复振幅信号经第一耦合衍射光学元件调制后,以一定的角度进行波导传输,包括:

所述复振幅信号经第一耦合衍射光学元件的调制后,以预设的角度在玻璃基板内形成波导传输,其中,所述预设的角度满足:

$$\varphi_i \geq \varphi_c = \arcsin \frac{1}{n}$$

$$\varphi_b = \frac{\pi}{2} - \frac{\varphi_i}{2}$$

其中, $\varphi_i$ 为复振幅信号传播角, $\varphi_c$ 为全反射角, $n$ 为玻璃基板的折射率, $\varphi_b$ 为布拉格角。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一耦合衍射光学元件和所述第二耦合衍射光学元件,均为两束平面波按一定的角度干涉叠加生成的体全息光栅。

3. 一种基于复振幅调制的波导增强现实显示系统,其特征在于,所述系统包括两个激光LCD显示器、分束镜、第一耦合衍射光学元件、波导玻璃基板及第二耦合衍射光学元件;

激光LCD显示器,用于加载两个预设的强度信号,并将加载后的信号传播至分束镜;

分束镜,用于接收所述激光LCD显示器传输的信号,并将所述信号传输至第一耦合衍射光学元件;

第一耦合衍射光学元件,用于接收所述分束镜传输的信号,并对所述信号进行调制,使得所述信号以一定角度传输至波导玻璃基板;

波导玻璃基板,用于接收所述第一耦合衍射光学元件传输的信号,并使所述信号进行全反射传输;

第二耦合衍射光学元件,用于接收所述波导玻璃基板传输的信号,并对所述信号进行调制,使得所述信号耦合输出至人眼;

所述系统还包括 $\pi/2$ 相移片,所述 $\pi/2$ 相移片位于一个激光LCD显示器接近分束镜的一侧。

4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述 $\pi/2$ 相移片与所述分束镜的距离等于另一个激光LCD显示器与所述分束镜的距离。

## 基于复振幅调制的波导增强现实显示方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学增强现实技术领域,具体涉及基于复振幅调制的波导增强现实显示方法及系统。

### 背景技术

[0002] 增强现实(Augmented Reality,AR)显示系统将人工生成的数字辅助信号与人眼实时观察到的真实三维场景进行集合,极大地丰富了人类与真实环境之间的交互能力,在医学、军事和工业制造等领域中存在巨大的应用潜力。

[0003] 目前增强现实的技术方案主要分为两类:一是基于自由曲面棱镜耦合的增强现实系统,其通过精密设计一个自由曲面并镀半反半透膜,将显示器所显示的数字信号与真实场景进行耦合。这类系统较常见于各类头盔式显示器中;二是基于波导传输和衍射光学元件(Diffractive Optical Element,DOE)耦合的增强现实系统,这种系统采用波导原理传输显示器生成的虚拟信号,在衍射光学的调制下与外界场景进行耦合。由于集成度较高,这类系统可设计成各种增强现实眼镜,佩戴方便。

[0004] 现有的增强现实技术一般显示的是二维图像信号或二维双目视差图像。虽然在一定程度上可以由人类的视觉习惯和大脑处理形成立体的三维观感,但由于存在调焦-聚焦矛盾,违背人们的观察习惯,长时间观察较容易使人出现视觉疲劳、眩晕等不舒适感。

[0005] 近期,Hong Hua和Bahram Javidi在Optics Express上发表文章“A 3D integral imaging optical see-through head-mounted display”,提出了使用集成成像技术来生成立体的物体信号,并经由自由曲面棱镜与外界真实场景进行耦合,在一定程度上达到了消除调焦-聚焦矛盾的目的。但集成成像技术对于硬件的要求较高,且计算算法比较复杂,不利于三维信号的实时刷新。此外由于采用自由曲面棱镜进行耦合,其设计和制造比较困难,精度要求高。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术的缺陷,本发明提供一种基于复振幅调制的波导增强现实显示方法及系统,基于复振幅调制技术产生三维信号,没有视差,使得系统的视觉观察友好度好,避免了人眼观察调焦-聚焦矛盾的不舒适感。

[0007] 第一方面,本发明提供了一种基于复振幅调制的波导增强现实显示方法,所述方法包括:

[0008] 利用复振幅调制方法产生复振幅信号;

[0009] 所述复振幅信号经第一耦合衍射光学元件调制后,以预设的角度进行波导传输;

[0010] 所述波导输出的信号经第二耦合衍射光学元件调制后,与外界真实场景进行叠加。

[0011] 优选地,所述利用复振幅调制方法产生复振幅信号,包括:

[0012] 利用双相位调制方法产生复振幅信号,将两个预设的相位分别加载至两个相位型

空间光调制器,经过一定距离的衍射后,得到目标复振幅信号。

[0013] 优选地,所述利用复振幅调制方法产生复振幅信号,包括:

[0014] 利用双振幅调制方法产生复振幅信号,将两个预设的强度值分别加载至两个激光LCD显示器,经过一定距离的衍射后,得到目标复振幅信号。

[0015] 优选地,所述复振幅信号经第一耦合衍射光学元件调制后,以一定的角度进行波导传输,包括:

[0016] 所述复振幅信号经第一耦合衍射光学元件的调制后,以预设的角度在玻璃基板内形成波导传输,其中,所述预设的角度满足:

$$[0017] \quad \varphi_i \geq \varphi_c = \arcsin \frac{1}{n}$$

$$[0018] \quad \varphi_b = \frac{\pi}{2} - \frac{\varphi_i}{2}$$

[0019] 其中, $\varphi_i$ 为复振幅信号传播角, $\varphi_c$ 为全反射角,n为玻璃基板的折射率, $\varphi_b$ 为布拉格角。

[0020] 优选地,所述第一耦合衍射光学元件和所述第二耦合衍射光学元件,均为两束平面波按一定的角度干涉叠加生成的体全息光栅。

[0021] 第二方面,本发明提供了一种基于复振幅调制的波导增强现实显示系统,所述系统包括两个相位型空间光调制器、分束镜、第一耦合衍射光学元件、波导玻璃基板及第二耦合衍射光学元件;

[0022] 相位型空间光调制器,用于加载两个预设的相位信号,并将加载后的信号传播至分束镜;

[0023] 分束镜,用于接收所述相位型空间光调制器传输的信号,并将所述信号传输至第一耦合衍射光学元件;

[0024] 第一耦合衍射光学元件,用于接收所述分束镜传输的信号,并对所述信号进行调制,使得所述信号以一定角度传输至波导玻璃基板;

[0025] 波导玻璃基板,用于接收所述第一耦合衍射光学元件传输的信号,并使所述信号进行全反射传输;

[0026] 第二耦合衍射光学元件,用于接收所述波导玻璃基板传输的信号,并对所述信号进行调制,使得所述信号耦合输出至人眼。

[0027] 优选地,所述两个相位型空间光调制器与所述分束器的距离相等。

[0028] 第三方面,本发明提供了一种基于复振幅调制的波导增强现实显示系统,所述系统包括两个激光LCD显示器、分束镜、第一耦合衍射光学元件、波导玻璃基板及第二耦合衍射光学元件;

[0029] 激光LCD显示器,用于加载两个预设的强度信号,并将加载后的信号传播至分束镜;

[0030] 分束镜,用于接收所述激光LCD显示器传输的信号,并将所述信号传输至第一耦合衍射光学元件;

[0031] 第一耦合衍射光学元件,用于接收所述分束镜传输的信号,并对所述信号进行调

制,使得所述信号以一定角度传输至波导玻璃基板;

[0032] 波导玻璃基板,用于接收所述第一耦合衍射光学元件传输的信号,并使所述信号进行全反射传输;

[0033] 第二耦合衍射光学元件,用于接收所述波导玻璃基板传输的信号,并对所述信号进行调制,使得所述信号耦合输出至人眼。

[0034] 优选地,所述系统还包括 $\pi/2$ 相移片,所述 $\pi/2$ 相移片位于一个激光LCD显示器接近分束镜的一侧。

[0035] 优选地,所述 $\pi/2$ 相移片与所述分束镜的距离等于另一个激光LCD显示器与所述分束镜的距离。

[0036] 由上述技术方案可知,本发明提供一种基于复振幅调制的波导增强现实显示方法及系统,基于复振幅调制技术产生三维信号,通过波导传输和全息衍射元件的调制与人眼观察到的外界场景进行耦合。由于输出的直接就是三维复振幅信号,没有视差,使得系统的视觉观察友好度好,避免了人眼观察调焦-聚焦矛盾的不舒适感。

## 附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些图获得其他的附图。

[0038] 图1是本发明一实施例提供的基于复振幅调制的波导增强现实显示方法的流程示意图;

[0039] 图2是本发明一实施例提供的基于复振幅调制的波导增强现实显示系统的结构示意图;

[0040] 图3是本发明另一实施例提供的基于复振幅调制的波导增强现实显示系统的结构示意图。

## 具体实施方式

[0041] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0042] 如图1所示,图1示出了本发明一实施例提供的基于复振幅调制的波导增强现实显示方法,该方法包括如下步骤:

[0043] S1、利用复振幅调制方法产生复振幅信号;

[0044] S2、所述复振幅信号经第一耦合衍射光学元件DOE-1调制后,以预设的角度进行波导传输;

[0045] S3、所述波导输出的信号经第二耦合衍射光学元件DOE-2调制后,与外界真实场景进行叠加。

[0046] 本实施例中,物体的三维信息波前可以由一个既有振幅又有相位的复振幅信号表

示,当人眼观察该信号时,就会获得一个真实的立体三维物体场景图像。

[0047] 假设拟显示的目标物体复振幅信号为 $A\exp(i\theta)$ ,其中 $A$ 为振幅, $\theta$ 为相位, $i=\sqrt{-1}$ 是虚数单位。 $A\exp(i\theta)$ 由显示器表面的波前复振幅 $A'\exp(i\theta')$ 经一定距离的衍射得到,即:

$$[0048] \quad A\exp(i\theta) = \text{FrT}_{\lambda,d}\{A'\exp(i\theta')\} \quad (1)$$

[0049] 其中, $\text{FrT}$ 为菲涅尔变换运算符, $\lambda$ 为光波长, $d$ 为衍射距离。进一步地, $A'\exp(i\theta')$ 能够被分解成一个实部和虚部相加的复数形式:

$$[0050] \quad \begin{aligned} A'\exp(i\theta') &= A'\cos\theta' + i \cdot A'\sin\theta' \\ &= a + ib \end{aligned} \quad (2)$$

[0051] 其中, $a=A'\cos\theta'$ , $b=A'\sin\theta'$ 。基于不同的分解方式,存在两种波前调制方法生成所需的复振幅信号:一种是双相位调制,一种是双振幅调制。

[0052] 利用双相位调制方法产生复振幅信号,将两个预设的相位分别加载至两个相位型空间光调制器,经过一定距离的衍射后,得到目标复振幅信号。

[0053] 具体来说,对于双相位调制,是将目标复振幅信号分解成两个纯相位信号的叠加,如下所示:

$$[0054] \quad a+ib = \exp(i\theta_1) + \exp(i\theta_2) \quad (3)$$

[0055] 求解该方程可得:

$$[0056] \quad \begin{cases} \theta_1 = \arctan \frac{b}{a} + \arccos \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{4}} \\ \theta_2 = \arctan \frac{b}{a} - \arccos \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{4}} \end{cases} \quad (4)$$

[0057] 将这两个求解的相位 $\theta_1, \theta_2$ 加载在相位型空间光调制器上,经过一定距离的衍射传播后,即可获得目标复振幅波前 $A\exp(i\theta)$ 。

[0058] 或利用双振幅调制方法产生复振幅信号,将两个预设的强度值分别加载至两个激光LCD显示器,经过一定距离的衍射后,得到目标复振幅信号。 $A'\exp(i\theta')$ 能够被分解成一个实部和虚部相加的复数形式,进一步有:

$$[0059] \quad \begin{aligned} A'\exp(i\theta') &= A'\cos\theta' + i \cdot A'\sin\theta' \\ &= a + ib \end{aligned} \quad (5)$$

$$= a + b \exp(i\frac{\pi}{2})$$

[0060] 式中的 $\exp(i\frac{\pi}{2})$ 为常量 $\frac{\pi}{2}$ 相位延迟,可由 $\frac{\pi}{2}$ 相移片产生,如 $\lambda/4$ 玻片、倾斜玻璃平板等。但需注意的是,目标复振幅波前相位分布在 $[0, 2\pi]$ , $a$ 和 $b$ 分布在0值两侧,有正值也有负值。由于激光LCD显示器只能装载非负值,因此要对 $a$ 和 $b$ 做偏移的处理:

$$\begin{aligned}
 [0061] \quad a + b \exp(i\frac{\pi}{2}) &\Rightarrow (a + I_0) + (b + I_0) \exp(i\frac{\pi}{2}) \\
 &= a' + b' \exp(i\frac{\pi}{2}) \quad (6)
 \end{aligned}$$

[0062] 式中 $I_0$ 为一个正值,使得 $a' = a + I_0, b' = b + I_0$ 均为非负值。将 $a', b'$ 加载至激光LCD显示器上,传播一定距离后可得:

$$\begin{aligned}
 [0063] \quad FrT_{\lambda,d} \{a' + b' \exp(i\frac{\pi}{2})\} &= FrT_{\lambda,d} \{(a + I_0) + (b + I_0) \exp(i\frac{\pi}{2})\} \\
 &= FrT_{\lambda,d} \{a + b \exp(i\frac{\pi}{2})\} + FrT_{\lambda,d} \{I_0 + I_0 \exp(i\frac{\pi}{2})\} \quad (7) \\
 &= A \exp(i\theta) + I'
 \end{aligned}$$

[0064] 式中 $I'$ 为平面波 $I_0(1+i)$ 经一定距离衍射后产生的波前,它形成了目标复振幅 $A \exp(i\theta)$ 的常量背景光,在视觉上并不影响三维物体的观察。

[0065] 综上所述,按公式(4)和(6)的计算方法,可方便地产生一个目标三维复振幅波前。与集成成像相比,其计算方法简单,能够满足实时刷新显示的需求,且无需微透镜阵列,成本较低。

[0066] 本实施例中,第一耦合衍射光学元件和第二耦合衍射光学元件,均为两束平面波按一定的角度干涉叠加生成的体全息光栅。两束干涉平面波的相干叠加为:

$$\begin{aligned}
 [0067] \quad I_e &= \exp(i\vec{k}_1 \cdot \vec{r}) + \exp(i\vec{k}_2 \cdot \vec{r}) \\
 &= 2 + 2 \cos[(\vec{k}_1 - \vec{k}_2) \cdot \vec{r}] \quad (8) \\
 &= 2 + 2 \cos(\vec{k}_e \cdot \vec{r})
 \end{aligned}$$

[0068] 式中的 $I_e$ 为生成的体全息光栅, $\vec{k}_e$ 为波矢,表示干涉条纹峰值强度面的法线方向。若干干涉条纹的空间周期为 $\Delta$ ,则根据光栅方程有:

$$[0069] \quad \Delta = \frac{\lambda}{2 \sin \frac{\varphi_0}{2}} \quad (9)$$

[0070]  $\varphi_0$ 为两平面波的夹角。体全息光栅与平面光栅的不同之处在于,体全息光栅使用时还需满足布拉格条件:

$$[0071] \quad 2\Delta \sin \varphi_b = \lambda \quad (10)$$

[0072] 其中, $\varphi_b$ 为布拉格角。

[0073] 本实施例中,步骤S2中所述的以预设的角度进行波导传输,包括:

[0074] 所述复振幅信号经第一耦合衍射光学元件的调制后,以一定的角度在玻璃基板内形成波导传输,其中,预设的角度即为复振幅信号的传播角度,需满足:

$$[0075] \quad \varphi_i \geq \varphi_c = \arcsin \frac{1}{n} \quad (11)$$

[0076] 式中的  $\varphi_i$  为复振幅信号传播角,  $\varphi_e$  为全反射角,  $n$  为玻璃基板的折射率。此外, 根据简单的几何关系可得出传播角与布拉格角满足:

$$[0077] \quad \varphi_b = \frac{\pi}{2} - \frac{\varphi_i}{2} \quad (12)$$

[0078] 本实施例提供的基于复振幅调制的波导增强现实显示方法, 基于复振幅调制技术, 通过波导传输和全息衍射元件的调制与人眼观察到的外界场景进行耦合。由于输出的直接就是三维复振幅信号, 没有视差, 使得系统的视觉观察友好度好, 避免了人眼观察调焦-聚焦矛盾的不舒适感。且本实施例所用的复振幅调制算法简便, 刷新频率高。

[0079] 如图2所示, 图2示出了本发明一实施例提供的基于复振幅调制的波导增强现实显示系统, 所述系统包括相位型空间光调制器101、相位型空间光调制器102、分束镜2、第一耦合衍射光学元件301、第二耦合衍射光学元件302及波导玻璃基板4。如图2所示, 5为观察窗, 6为人眼, FOV表示系统的观察视场角。

[0080] 其中, 相位型空间光调制器101和相位型空间光调制器102, 用于加载两个预设的相位信号, 并将加载后的信号传播至分束镜; 分束镜2, 用于接收所述相位型空间光调制器传输的信号, 并将所述信号传输至第一耦合衍射光学元件; 第一耦合衍射光学元件301, 用于接收所述分束镜传输的信号, 并对所述信号进行调制, 使得所述信号以一定角度传输至波导玻璃基板; 波导玻璃基板4, 用于接收所述第一耦合衍射光学元件传输的信号, 并使所述信号进行全反射传输; 第二耦合衍射光学元件301, 用于接收所述波导玻璃基板传输的信号, 并对所述信号进行调制, 使得所述信号耦合输出至人眼。

[0081] 本实施例中, 所述两个相位型空间光调制器与所述分束器的距离  $d_1$  和  $d_2$  相等。

[0082] 依据公式 (3) 和 (4), 待显示的复振幅信号  $A \exp(i\theta)$  被分解为两个相位信息  $\theta_1$  和  $\theta_2$ , 分别加载到相位型空间光调制器101和相位型空间光调制器102上, 在激光的照射下, 经一定距离的衍射传播后, 即输出为目标物体的复振幅波前:

$$[0083] \quad \text{FrT}_{\lambda, d} \{ \exp(i\theta_1) + \exp(i\theta_2) \} = A \exp(i\theta) \quad (12)$$

[0084] 如图3所示, 图3示出了本发明另一实施例提供的基于复振幅调制的波导增强现实显示系统, 所述系统包括激光LCD显示器701、激光LCD显示器702、 $\pi/2$ 相移片8、分束镜9、第一耦合衍射光学元件1001、波导玻璃基板11及第二耦合衍射光学元件1002。如图3所示, 12为观察窗, 13为人眼, FOV表示系统的观察视场角。

[0085] 其中, 激光LCD显示器701和激光LCD显示器702, 用于加载两个预设的强度信号, 并将加载后的信号传播至分束镜; 分束镜9, 用于接收所述激光LCD显示器701和激光LCD显示器702传输的信号, 并将所述信号传输至第一耦合衍射光学元件; 第一耦合衍射光学元件1001, 用于接收所述分束镜传输的信号, 并对所述信号进行调制, 使得所述信号以一定角度传输至波导玻璃基板; 波导玻璃基板11, 用于接收所述第一耦合衍射光学元件传输的信号, 并使所述信号进行全反射传输; 第二耦合衍射光学元件1002, 用于接收所述波导玻璃基板传输的信号, 并对所述信号进行调制, 使得所述信号耦合输出至人眼。

[0086] 其中,  $\pi/2$ 相移片8位于一个激光LCD显示器接近分束镜的一侧。 $\pi/2$ 相移片8与分束镜9的距离  $d_1$  等于另一个激光LCD显示器702与所述分束镜的距离  $d_2$ 。

[0087] 依据公式 (6), 待显示的复振幅信号  $A \exp(i\theta)$  被分解为两个非负的强度值  $a'$  和  $b'$ 。将强度值  $b'$  加载至紧贴  $\pi/2$ 相移片8的一侧激光器LCD显示器701上, 将强度值  $a'$  加载在另一

侧的激光LCD显示器702上。由公式(7),经一定距离的衍射传播后即输出目标物体的复振幅波前 $A\exp(i\theta)+I'$ ,其中 $I'$ 为平面波 $I_0(1+i)$ 经一定距离衍射后产生的波前,它形成了目标复振幅 $A\exp(i\theta)$ 的常量背景光,在视觉上并不影响三维物体的成像。

[0088] 本实施例中, $\pi/2$ 相移片8可使用 $\lambda/4$ 玻片或倾斜玻璃平板等器件。

[0089] 本实施例提供的基于复振幅调制的波导增强现实显示系统可设计成增强现实眼镜,且该系统由双相位或双振幅调制产生复振幅波前,提供了真三维立体场景,消除了眼睛的调焦-聚焦矛盾,立体观感舒适度好;而且该系统采用波导传输和耦合衍射光学元件调制耦合外界场景与虚拟三维信号,不需自由曲面棱镜,降低了制造难度。此外系统紧凑,质量轻便,佩戴便利。

[0090] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解;其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

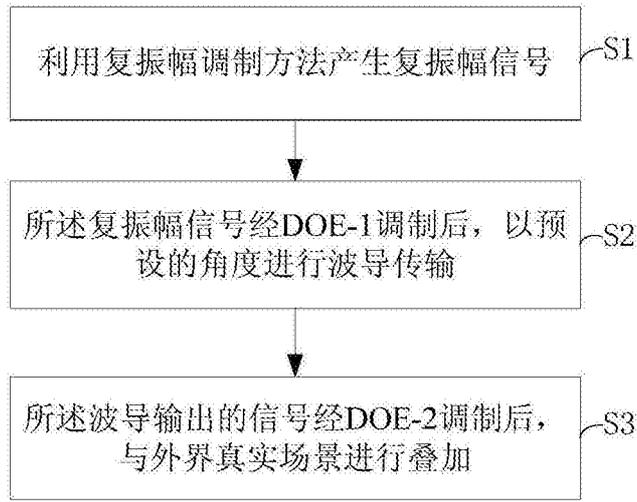


图1

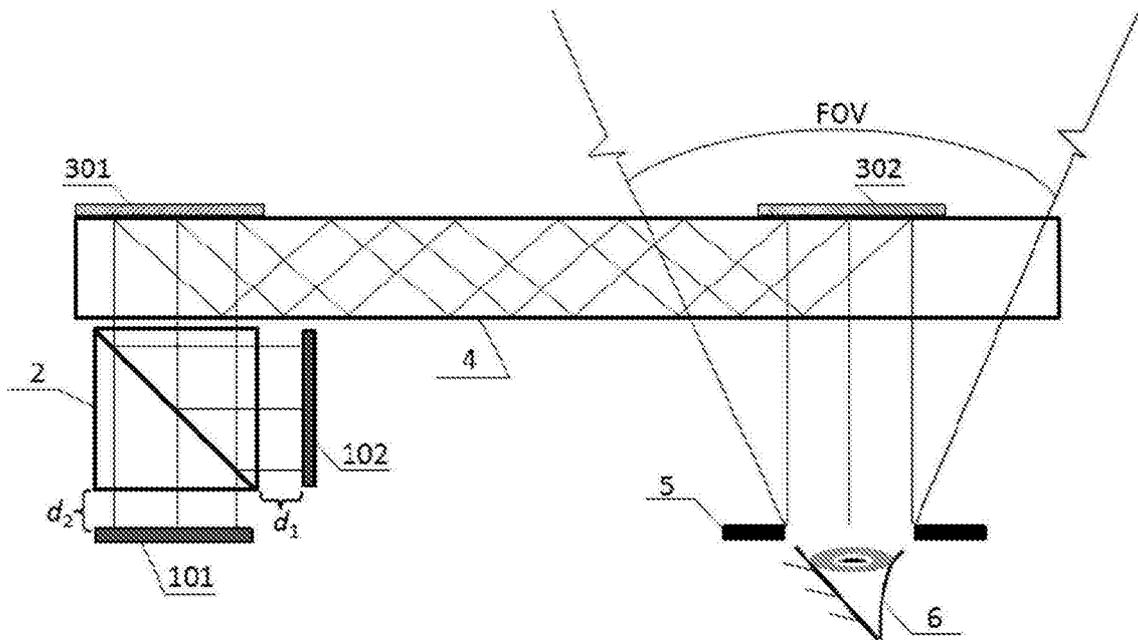


图2

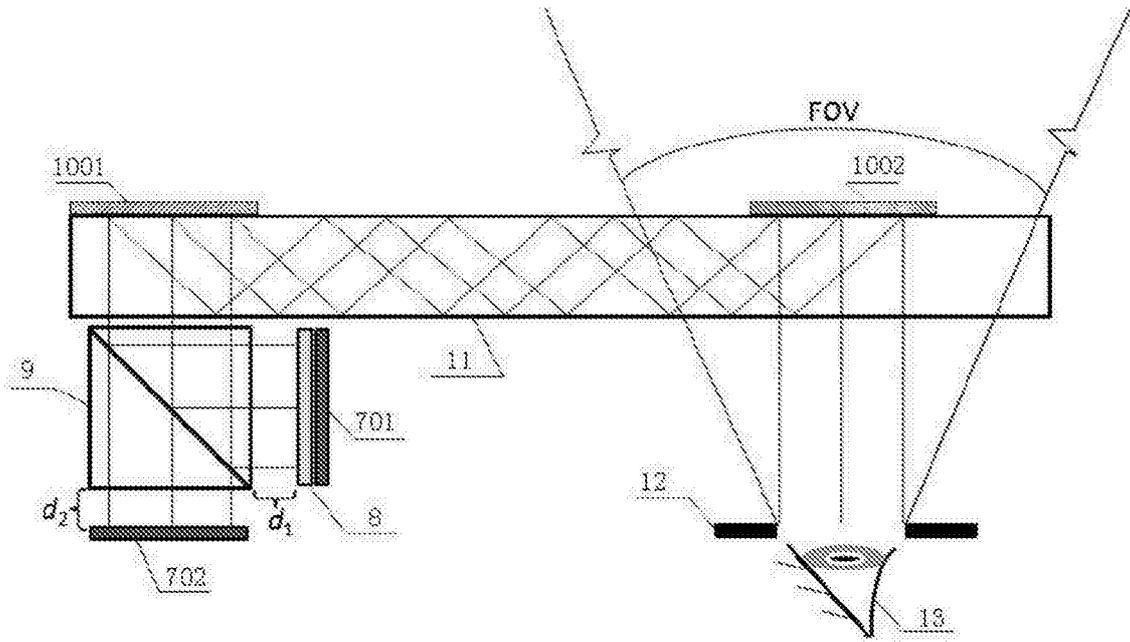


图3