

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102279514 B

(45) 授权公告日 2013. 04. 10

(21) 申请号 201110246498. 6

(22) 申请日 2011. 08. 24

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

(72) 发明人 刘旭 夏新星 李海峰 郑臻荣

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限
公司 33224

代理人 周丽娟

(51) Int. Cl.

G03B 35/18(2006. 01)

审查员 李卓

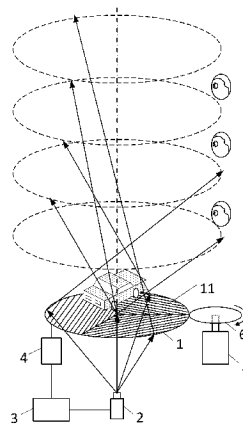
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

(54) 发明名称

基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间
三维显示装置

(57) 摘要

本发明公开了基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,包括:组合式偏折型散射屏、高速投影机、图像控制模块、转动检测模块、电机和传动机构。高速投影机把三维物体不同俯仰视角的水平 360° 视场组合图像同时投影到组合式偏折型散射屏上的不同区域。组合式偏折型散射屏的每个区域均可控制不同角度入射光线的垂直偏折及发散角度和水平发散角度,保证围绕观看的不同高度的观察者的双眼都能观察到与其视点位置相符合的立体图像,实现再现的三维场景悬浮于组合式偏折型散射屏的上方。本发明中俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示具有供多人俯仰多视角、水平 360° 全视场裸眼同时观看、空间遮挡消隐、可探入触摸交互等特点。



1. 一种基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,包括:透射组合式偏折型散射屏、高速投影机、图像控制模块、转动检测模块、电机和传动机构,所述的透射组合式偏折型散射屏和传动机构相连,通过所述的电机的转动,带动所述的透射组合式偏折型散射屏转动,所述的透射组合式偏折型散射屏的转轴与所述的高速投影机的投影镜头光轴相重合;所述的高速投影机处在所述的透射组合式偏折型散射屏的下方,并往上方投影,投影图像落在所述的透射组合式偏折型散射屏上;所述的高速投影机还依次连接有图像控制模块和转动检测模块;

所述的转动检测模块探测所述的透射组合式偏折型散射屏的转速及每个透射偏折型散射子屏的起始位置,并将其探测的转速和起始位置的信号传给图像控制模块;所述的图像控制模块根据接收到的信号控制所述的高速投影机投影图像序列的初始位置及所述的高速投影机的帧频,实现所述的高速投影机的投影图像序列与所述的透射组合式偏折型散射屏转动的同步;

其特征在于,所述的透射组合式偏折型散射屏由主偏折角度不同的多个透射偏折型散射子屏组合拼接而成,每个透射偏折型散射子屏对应于一个俯仰视角;其中,每个透射偏折型散射子屏由光栅方向互相平行的透射式锯齿型光栅和柱面光栅构成,所述的透射式锯齿型光栅由多个三角柱状结构连续排列构成,每一个透射偏折型散射子屏中的透射式锯齿型光栅中所有三角柱状结构的倾斜角相同。

2. 如权利要求1所述的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,其特征在于,所述的图像控制模块为基于数字信号处理器为核心的控制模块或计算机。

3. 如权利要求2所述的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,其特征在于:所述的图像控制模块为基于现场可编程门阵列为核心的控制模块。

4. 如权利要求1所述的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,其特征在于:所述的转动检测模块为光电传感器或机械位置开关。

5. 一种基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,包括:反射组合式偏折型散射屏、高速投影机、图像控制模块、转动检测模块、电机和传动机构,所述的反射组合式偏折型散射屏和传动机构相连,通过所述的电机的转动,带动所述的反射组合式偏折型散射屏转动,所述的反射组合式偏折型散射屏的转轴与所述的高速投影机的投影镜头光轴相重合;所述的高速投影机处在所述的反射组合式偏折型散射屏的上方,并往下方投影,投影图像落在所述的反射组合式偏折型散射屏上;所述的高速投影机还依次连接有图像控制模块和转动检测模块;

所述的转动检测模块探测所述的反射组合式偏折型散射屏的转速及每个反射偏折型散射子屏的起始位置,并将其探测的转速和起始位置的信号传给图像控制模块;所述的图像控制模块根据接收到的信号控制所述的高速投影机投影图像序列的初始位置及所述的高速投影机的帧频,实现所述的高速投影机的投影图像序列与所述的反射组合式偏折型散射屏转动的同步;

其特征在于,

所述的反射组合式偏折型散射屏由主偏折角度不同的多个反射偏折型散射子屏组合拼接而成,每个反射偏折型散射子屏对应于一个俯仰视角;其中,每个反射偏折型散射子屏由光栅方向互相平行的反射式锯齿型光栅和柱面光栅构成,所述的反射式锯齿型光栅位于

柱面光栅的下方,所述的反射式锯齿型光栅由多个三角柱状结构连续排列构成,每个三角柱状结构的表面都镀有反射膜,每个反射偏折型散射子屏中的反射式锯齿型光栅中所有三角柱状结构的倾斜角相同。

6. 如权利要求 5 所述的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,其特征在于,所述的图像控制模块为基于数字信号处理器为核心的控制模块或计算机。

7. 如权利要求 6 所述的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,其特征在于,所述的图像控制模块为基于现场可编程门阵列为核心的控制模块。

8. 如权利要求 5 所述的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,其特征在于:所述的转动检测模块为光电传感器或机械位置开关。

基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置

技术领域

[0001] 本发明属于三维显示技术领域,具体涉及基于组合屏幕的俯仰多视角的悬浮式全景空间三维显示装置。

背景技术

[0002] 目前,传统的二维的平板显示及投影显示已不能满足人们对于显示技术的需求,人们需要能够将客观三维物体真实再现出来的新显示技术。

[0003] 目前已推向市场相对比较成熟的 3D 电视和 3D 电影等多采用让观察者佩戴眼镜等助视工具来提供双目视差图像产生立体视觉。这种三维显示只为观察者提供了两个视角的信息,观察者在不同位置观看到的三维图像是相同的,并且不能随着位置的改变来观察三维场景的不同侧面,长时间观看观察者可能会出现头痛、恶心等反应。

[0004] 空间三维显示是一种能够在一个真正具有宽度、高度和深度的真实三维空间内进行图像信息再现的技术,是近年来蓬勃兴起的一种显示技术。空间三维显示是通过适当方式来激励位于透明显示体积内的物质,利用可见辐射的产生、吸收或散射而形成体素;或者将要显示三维场景的各个侧面的图像准确地成像到相应的方位。以这样的方法形成的三维图像,就像是一个现实空间三维物体一样,在空间实现三维显示,不仅能自动满足几乎所有的生理和心理深度暗示,可多人、多角度、同时、裸眼观察,无需任何助视仪器,符合人类在视觉观察及深度感知方面的自然生理习惯。

[0005] 作为空间三维显示的一种,体三维显示近些年来发展较快,并首先进入商用市场。2002 年美国 Actuality Systems 公司研究的 Perspecta™ 3DSystem 系统利用高速 DLP 投影机,将二维截面序列投射到一个快速旋转的散射屏上,利用视觉暂留而融合到空间三维图像。但体三维显示出的三维场景为透明的,不能实现空间消隐。

[0006] 全景视场空间显示是在全空间的各个方向形成再现物体相应方位的图像,这样三维显示空间周围的观看者就可以像观看自然的三维景物一样看到具有空间遮挡关系的三维场景。近年来,国内外许多研究机构针对这一显示方式做了许多相关研究,并研制了一些原理样机。但现有技术中公开的多数样机只具有水平 360° 的全景视场,而在垂直方向上没有多个俯仰视角的信息。也即是说,目前的全景视场空间三维显示一般只考虑水平方向的视角信息,没有考虑垂直方向的俯仰视角。这种三维显示是在水平 360° 方向显示出一周与周围视点位置相对应的视场图像序列,图像经定向散射屏等显示媒介对其发光角度进行限制,来保证每一视点位置对应的图像只能在其视点位置附近的小范围内可见,通过高密度的视点分割,周围观察者的双眼就能看到相对应的不同视角图像,产生立体感。

[0007] 综上,现有技术中的空间三维显示一般需要显示媒介的运动来实现对水平 360° 视场的空间扫描,且显示的三维场景的空间位置与显示媒介的运动区域相同或接近,造成显示的三维的场景不能进行触摸等交互操作,不能满足人们对于真实感空间三维显示的需求。

发明内容

[0008] 本发明提供了一种基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,实现了俯仰多视角的悬浮式 360° 视场空间三维显示,可供多人俯仰多视角、水平 360° 全视场裸眼同时观看,实现了空间遮挡消隐、且可探入触摸交互,从而克服现有技术的不足。

[0009] 一种基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,包括:透射组合式偏折型散射屏、高速投影机、图像控制模块、转动检测模块、电机和传动机构,所述的透射组合式偏折型散射屏和传动机构相连,通过所述的电机的转动,带动所述的透射组合式偏折型散射屏转动,所述的透射组合式偏折型散射屏的转轴与所述的高速投影机的投影镜头光轴相重合;所述的高速投影机处在所述的透射组合式偏折型散射屏的下方,并往上方投影,投影图像落在所述的透射组合式偏折型散射屏上;所述的高速投影机还依次连接有图像控制模块和转动检测模块;

[0010] 所述的透射组合式偏折型散射屏由主偏折角度不同的多个透射偏折型散射子屏组合拼接而成,每个透射偏折型散射子屏对应于一个俯仰视角;其中,每个透射偏折型散射子屏由光栅方向互相平行的透射式锯齿型光栅和柱面光栅构成,所述的透射式锯齿型光栅由多个三角柱状结构连续排列构成,每一个透射偏折型散射子屏中的透射式锯齿型光栅中所有三角柱状结构的倾斜角相同;

[0011] 所述的转动检测模块探测所述的透射组合式偏折型散射屏的转速及每个透射偏折型散射子屏的起始位置,并将其探测的转速和起始位置的信号传给图像控制模块;所述的图像控制模块根据接收到的信号控制所述的高速投影机投影图像序列的初始位置及所述的高速投影机的帧频,实现所述的高速投影机的投影图像序列与所述的透射组合式偏折型散射屏转动的同步。

[0012] 另一种基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,包括:反射组合式偏折型散射屏、高速投影机、图像控制模块、转动检测模块、电机和传动机构,所述的反射组合式偏折型散射屏和传动机构相连,通过所述的电机的转动,带动所述的反射组合式偏折型散射屏转动,所述的反射组合式偏折型散射屏的转轴与所述的高速投影机的投影镜头光轴相重合;所述的高速投影机处在所述的反射组合式偏折型散射屏的上方,并往下方投影,投影图像落在所述的反射组合式偏折型散射屏上;所述的高速投影机还依次连接有图像控制模块和转动检测模块;

[0013] 所述的反射组合式偏折型散射屏由主偏折角度不同的多个反射偏折型散射子屏组合拼接而成,每个反射偏折型散射子屏对应于一个俯仰视角;其中,每个反射偏折型散射子屏由光栅方向互相平行的反射式锯齿型光栅和柱面光栅构成,所述的反射式锯齿型光栅位于柱面光栅的下方,所述的反射式锯齿型光栅由多个三角柱状结构连续排列构成,每个三角柱状结构的表面都镀有反射膜来实现对光线的反射,每个反射偏折型散射子屏中的反射式锯齿型光栅中所有三角柱状结构的倾斜角相同;

[0014] 所述的转动检测模块探测所述的反射组合式偏折型散射屏的转速及每个反射偏折型散射子屏的起始位置,并将其探测的转速和起始位置的信号传给图像控制模块;所述的图像控制模块根据接收到的信号控制所述的高速投影机投影图像序列的初始位置及所述的高速投影机的帧频,实现所述的高速投影机的投影图像序列与所述的反射组合式偏折型散射屏转动的同步。

[0015] 本发明中,所述的图像发生器为基于 FPGA(Field Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)为核心的控制模块、基于数字信号处理器为核心的控制模块或计算机。

[0016] 本发明中,所述的检测模块为光电传感器或机械位置开关。

[0017] 本发明的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,主要利用高速投影机 and 组合式偏折型散射屏,显示出同时具有水平方向 360° 全景视场和垂直方向多个俯仰视角的空间三维场景,并且把显示媒介与三维显示空间相分离,使得显示的三维场景悬浮于空气中。周围不同高度的观察者在观看三维场景的同时,也可进行触摸交互。

[0018] 与只有水平方向 360° 全景视场的悬浮三维显示相比,本发明在垂直方向引入多个俯仰视角,构造可适应不同高度观看的全景视场空间三维显示,再现的三维物体悬浮于屏幕上方的空气中,空间位置不随观察者高度的变化而变化,且不同高度的观察者均可看到与其高度相适应的三维图像,从而可供不同高度的多人裸眼同时围绕观看,并可探入触摸交互,更加符合人们感知真实物体的生理习惯。

附图说明

[0019] 图 1 是本发明的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置的一种实施方式的示意图。

[0020] 图 2 是图 1 中的透射偏折型散射子屏的结构示意图。

[0021] 图 3 是图 2 中的透射式锯齿型光栅的横截面结构示意图。

[0022] 图 4 是本发明的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置的另一种实施方式的示意图。

[0023] 图 5 是图 4 中的反射偏折型散射子屏的结构示意图。

[0024] 图 6 是图 5 中的反射式锯齿型光栅的横截面结构示意图。

[0025] 图中:透射组合式偏折型散射屏 1、高速投影机 2、图像控制模块 3、转动检测模块 4、电机 5、传动机构 6、反射组合式偏折型散射屏 7、透射偏折型散射子屏 11、透射式锯齿型光栅 111、第一柱面光栅 112、反射偏折型散射子屏 71、反射式锯齿型光栅 711、第二柱面光栅 712。

具体实施方式

[0026] 下面结合实施例和附图来详细说明本发明,但本发明并不仅限于此。

[0027] 实施例 1

[0028] 如图 1 所示,一种基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置,包括:透射组合式偏折型散射屏 1、高速投影机 2、图像控制模块 3、转动检测模块 4、电机 5 和传动机构 6。

[0029] 透射组合式偏折型散射屏 1 由主偏折角度不同的多个透射偏折型散射子屏 11 组合拼接而成,每个透射偏折型散射子屏 11 对应于一个俯仰视角。每个透射偏折型散射子屏 11 的结构如图 2 所示,由透射式锯齿型光栅 111 和第一柱面光栅 112 构成,透射式锯齿型光栅 111 位于第一柱面光栅 112 的下方,并且透射式锯齿型光栅 111 和第一柱面光栅 112 的光栅方向互相平行。透射式锯齿型光栅 111 的结构如图 3 所示,由多个三角柱状结构连续排列构成,每一个透射偏折型散射子屏 11 中的透射式锯齿型光栅 111 中所有三角柱状结构

的倾斜角相同,即每一个透射偏折型散射子屏 11 中的透射式锯齿型光栅 111 只对应一个楔角角度,而不同透射偏折型散射子屏 11 中的透射式锯齿型光栅 111 的楔角角度是不同的。

[0030] 透射组合式偏折型散射屏 1 和传动机构 6 相连,通过电机 5 的转动,带动透射组合式偏折型散射屏 1 高速转动。传动机构 6 可采用齿轮传动、涡轮蜗杆传动、带传动等传动方式,主要是将电机 5 的转动传递给透射组合式偏折型散射屏 1,来带动透射组合式偏折型散射屏 1 的旋转。透射组合式偏折型散射屏 1 的转速取决于电机 5 的转速和传动机构 6 的传动比两个因素。一般情况下,透射组合式偏折型散射屏 1 的转轴与高速投影机 2 的投影镜头光轴相重合。

[0031] 高速投影机 2 处在透射组合式偏折型散射屏 1 的下方,将经预处理后的图像序列往上方投影,投影图像成像于透射组合式偏折型散射屏 1 上。

[0032] 高速投影机 2 还依次连接有图像控制模块 3 和转动检测模块 4。转动检测模块 4 为光电传感器或机械位置开关,可设置单个或多个,探测透射组合式偏折型散射屏 1 的转速及每个透射偏折型散射子屏 11 的起始位置,并将其探测的转速和起始位置的信号传给图像控制模块 3。图像控制模块 3 根据接收到的信号控制高速投影机 2 投影图像序列的初始位置及高速投影机 2 的帧频,实现高速投影机 2 的投影图像序列与透射组合式偏折型散射屏 1 转动的同步。图像控制模块 3 为基于现场可编程门阵列为核心的控制模块、基于数字信号处理器为核心的控制模块或计算机。

[0033] 上述的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置中,透射组合式偏折型散射屏 1 的形状可以为圆形、矩形或多边形等,一般多为圆形或正多边形等对称结构。设透射组合式偏折型散射屏 1 为圆形或正多边形,该三维显示装置在垂直方向有 N 个俯仰视角,那么一般透射组合式偏折型散射屏 1 包含 N 个透射偏折型散射子屏 11,且透射组合式偏折型散射屏 1 中各个透射偏折型散射子屏 11 平均分布,则每个透射偏折型散射子屏 11 对应的中心角为 $360/N^\circ$,且透射式锯齿型光栅 111 和第一柱面光栅 112 的光栅方向均与透射偏折型散射子屏 11 的水平面上的对称轴垂直。

[0034] 透射组合式偏折型散射屏 1 中,每个透射偏折型散射子屏 11 均位于透射组合式偏折型散射屏 1 的转轴的一侧,每个透射偏折型散射子屏 11 把高速投影机 2 的投影光线往透射组合式偏折型散射屏 1 的转轴的另一侧偏折,并且在偏折方向进行一定角度的散射,而和偏折方向垂直的方向发生小角度透射。光线的主偏折角度由每个透射偏折型散射子屏 11 的特性决定,不同的透射偏折型散射子屏 11 具有不同的主偏折角度,每个主偏折角度与一个俯仰视角相对应。

[0035] 每个透射偏折型散射子屏 11 中,透射式锯齿型光栅 111 主要实现的是将高速投影机 2 的投影光线往透射组合式偏折型散射屏 1 的转轴的另一侧偏折的功能,一般通过透射或反射等实现光线的转折,透射式锯齿型光栅 111 的楔角角度决定了光线的偏折角度和偏折方向。第一柱面光栅 112 则是对投影光线在光栅方向上和垂直于光栅方向上的出射角度分别进行限制,使得光线在光栅方向上以比较小的发散角度出射,在垂直于光栅方向的方向上以一定的角度进行散射。透射偏折型散射子屏 11 在与偏折主光线方向垂直的水平方向上以小的发散角度出射时,该发散角度 $\leq 360/M^\circ$ (M 为透射组合式偏折型散射屏 1 转动一周时高速投影机 2 投影出的图像的数量);透射偏折型散射子屏 11 在偏折方向上以一定的角度散射,散射角度大小与分离的 N 个环形观察区域的位置及大小有关,须保证在分离

的 N 个环形区域内均能只观察到与该俯仰视角相对应的三维图像而看不到其他俯仰视角的三维图像。可以通过选择具有适当的柱面半径及折射率的第一柱面光栅 112, 来确定散射角度的大小。

[0036] 假定该三维显示装置在垂直方向有 N 个俯仰视角, 则在显示装置周围的观察区域有 N 个分离的不同高度的环形区域供不同高度的观察者来观看全景视场空间三维显示。此时, 透射组合式偏折型散射屏 1 至少包含 N 个透射偏折型散射子屏 11。一般情况下, 透射组合式偏折型散射屏 1 包含 N 个透射偏折型散射子屏 11, 每个透射偏折型散射子屏 11 与一个俯仰视角相对应。

[0037] 当透射组合式偏折型散射屏 1 没有旋转时, 考察位于观察区域中对应于同一水平位置且分处 N 个分离的环形区域的不同视点所观察到的图像, 发现此时只有一个环形区域区内的视点可以观察到与该视点处俯仰视角相对应的透射偏折型散射子屏 11 上的一窄条图像。由于对应于同一水平位置且分处 N 个分离的环形区域的不同视点中每个视点均对应于一个俯仰视角, 而每个俯仰视角均对应于一个透射偏折型散射子屏 11, 因此, 其它环形区域内的视点则需要等到各视点处俯仰视角所对应的透射偏折型散射子屏 11 转到与各视点相对应的位置时, 才可以观察到相应的窄条图像。由于上述的各视点不同俯仰视角, 因此与不同俯仰视角对应的透射偏折型散射子屏 11 也不同, 而不同的透射偏折型散射子屏 11 具有不同的主偏折角度, 所以, 上述的具有相同水平位置的不同视点所观察到的窄条图像也是略有区别的。

[0038] 当透射组合式偏折型散射屏 1 旋转后, 高速投影机 2 同时切换图像, 对于位于观察区域中对应于同一水平位置且分处 N 个分离的环形区域的各个视点, 每个视点可观察到投影图像序列里供这一视点区域观看的连续多幅图像中不同位置窄条图像的组合图像。

[0039] 透射组合式偏折型散射屏 1 转动一周, 高速投影机 2 投影出 M 幅图像, 每一幅投影图像均包含了 N 个垂直俯仰视角的图像信息。透射组合式偏折型散射屏 1 每转动 $360/M^\circ$, 高速投影机 2 要切换一幅图像。为了满足人眼的视角暂留效应并降低给观察者造成的闪烁感, 一般需要比较高的图像刷新频率。高的图像刷新率需要透射组合式偏折型散射屏 1 的高速转动来实现。设透射组合式偏折型散射屏 1 的转速为 ω , 则高速投影机 2 的帧速 F 为 $M\omega$, 三维场景的刷新频率也为 ω 。当视角间隔足够密的时候, 人的双眼分属不同的水平视角区域, 看到两幅略有区别的视差图像产生立体视觉, 且经双眼融像出的三维场景悬浮于透射组合式偏折型散射屏 1 的上方, 可供周围的观察者探入触摸交互。一般每转动一圈的投影图像数量需 200 幅以上, 即 $M \geq 200$ 。若三维场景的刷新频率 ω 为 15r/s, 则投影机的帧速 F 至少 3000 帧/s, 所以需要高帧频的投影机。由于这种俯仰多视角的三维显示在同一时刻将针对不同俯仰视角的信息全部投影出来, 即对某一俯仰视角观察者观察到的图像分辨率不高。因此, 要想得到更加细腻逼真的三维图像, 需提高高速投影机 2 的空间光调制器的像素分辨率。最为常用的高速投影机 2 为单片式或三片式的 DMD(digital micromirror device, 数字微镜元件) 投影机。

[0040] 实施例 2

[0041] 如图 4 所示, 另一种基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置, 包括: 高速投影机 2、图像控制模块 3、转动检测模块 4、电机 5、传动机构 6 和反射组合式偏折型散射屏 7。

[0042] 反射组合式偏折型散射屏 7 由主偏折角度不同的多个反射偏折型散射子屏 71 组合拼接而成,每个反射偏折型散射子屏 71 对应于一个俯仰视角。每个反射偏折型散射子屏 71 的结构如图 5 所示,由反射式锯齿型光栅 711 和第二柱面光栅 712 构成,反射式锯齿型光栅 711 位于第二柱面光栅 712 的下方,并且反射式锯齿型光栅 711 和第二柱面光栅 712 的光栅方向互相平行。反射式锯齿型光栅 711 结构如图 6 所示,由多个三角柱状结构连续排列构成,每个三角柱状结构的表面都镀有反射膜来实现对光线的反射,每个反射偏折型散射子屏 71 中的反射式锯齿型光栅 711 中所有三角柱状结构的倾斜角相同,即每一个反射偏折型散射子屏 71 中的反射式锯齿型光栅 711 只对应一个楔角角度,而不同反射偏折型散射子屏 71 中的反射式锯齿型光栅 711 的楔角角度是不同的。

[0043] 反射组合式偏折型散射屏 7 和传动机构 6 相连,通过电机 5 的转动,带动反射组合式偏折型散射屏 7 高速转动。传动机构 6 可采用齿轮传动、涡轮蜗杆传动、带传动等传动方式,主要是将电机 5 的转动传递给反射组合式偏折型散射屏 7,来带动反射组合式偏折型散射屏 7 的旋转。反射组合式偏折型散射屏 7 的转速取决于电机 5 的转速和传动机构 6 的传动比两个因素。一般情况下,反射组合式偏折型散射屏 7 的转轴与高速投影机 2 的投影镜头光轴相重合。

[0044] 高速投影机 2 处在反射组合式偏折型散射屏 7 的上方,将经预处理后的图像序列往下方投影,投影图像成像于反射组合式偏折型散射屏 7 上。

[0045] 高速投影机 2 还依次连接有图像控制模块 3 和转动检测模块 4。转动检测模块 4 为光电传感器或机械位置开关,可设置单个或多个,探测反射组合式偏折型散射屏 7 的转速及每个反射偏折型散射子屏 71 的起始位置,并将其探测的转速和起始位置的信号传给图像控制模块 3。图像控制模块 3 根据接收到的信号控制高速投影机 2 投影图像序列的初始位置及高速投影机 2 的帧频,实现高速投影机 2 的投影图像序列与反射组合式偏折型散射屏 7 转动的同步。图像控制模块 3 为基于现场可编程门阵列为核心的控制模块、基于数字信号处理器为核心的控制模块或计算机。

[0046] 上述的基于组合屏幕的俯仰多视角悬浮式全景空间三维显示装置中,反射组合式偏折型散射屏 7 的形状可以为圆形、矩形或多边形等,一般多为圆形或正多边形等对称结构。设反射组合式偏折型散射屏 7 为圆形或正多边形,该三维显示装置在垂直方向有 N 个俯仰视角,那么一般反射组合式偏折型散射屏 7 包含 N 个反射偏折型散射子屏 71,且反射组合式偏折型散射屏 7 中各个反射偏折型散射子屏 71 平均分布,则每个反射偏折型散射子屏 71 对应的中心角为 $360/N^\circ$,且反射式锯齿型光栅 711 和第二柱面光栅 712 的光栅方向均与反射偏折型散射子屏 71 的水平面上的对称轴垂直。

[0047] 反射组合式偏折型散射屏 7 中,每个反射偏折型散射子屏 71 均位于反射组合式偏折型散射屏 7 的转轴的一侧,每个反射偏折型散射子屏 71 把高速投影机 2 的投影光线往反射组合式偏折型散射屏 7 的转轴的另一侧反射偏折,并且在偏折方向进行一定角度的散射,而和偏折方向垂直的方向发生小角度反射。光线的主偏折角度由每个反射偏折型散射子屏 71 的特性决定,不同的反射偏折型散射子屏 71 具有不同的主偏折角度,每个主偏折角度与一个俯仰视角相对应。

[0048] 每个反射偏折型散射子屏 71 中,反射式锯齿型光栅 711 主要实现的是将高速投影机 2 的投影光线往反射组合式偏折型散射屏 7 的转轴的另一侧偏折的功能,一般通过表面

的反射实现光线的转折,反射式锯齿型光栅 711 的楔角角度决定了光线的偏折角度和偏折方向。第二柱面光栅 712 则是对投影光线在光栅方向上和垂直于光栅方向上的出射角度分别进行限制,在光栅方向上以比较小的发散角度出射,在垂直于光栅方向上以一定的角度进行散射。反射偏折型散射子屏 71 在偏折主光线方向垂直的水平方向上以小的发散角度出射时,该发散角度 $\leq 360/M^\circ$ (M 为反射组合式偏折型散射屏 7 转动一周时高速投影机 2 投影出的图像的数量);反射偏折型散射子屏 71 在偏折方向上以一定的角度散射,散射角度大小与分离的 N 个环形观察区域的位置及大小有关,须保证在分离的 N 个环形区域内均能只观察到与该俯仰视角相对应的三维图像而看不到其他俯仰视角的三维图像。可以通过选择具有适当的柱面半径及折射率的第二柱面光栅 712,来确定散射角度的大小。

[0049] 假定该三维显示装置在垂直方向有 N 个俯仰视角,则在显示装置周围的观察区域有 N 个分离的不同高度的环形区域供不同高度的观察者来观看全景视场空间三维显示。此时,反射组合式偏折型散射屏 7 至少包含 N 个反射偏折型散射子屏 71。一般情况下,反射组合式偏折型散射屏 7 包含 N 个反射偏折型散射子屏 71,每个反射偏折型散射子屏 71 与一个俯仰视角相对应。

[0050] 当反射组合式偏折型散射屏 7 没有旋转时,考察位于观察区域中对应于同一水平位置且分处 N 个分离的环形区域的不同视点所观察到的图像,发现此时只有一个环形区域区内的视点可以观察到与该视点处俯仰视角相对应的反射偏折型散射子屏 71 上的一窄条图像,由于对应于同一水平位置且分处 N 个分离的环形区域的不同视点中每个视点均对应于一个俯仰视角,而每个俯仰视角均对应于一个反射偏折型散射子屏 71,因此,其它环形区域区内的视点则需要等到与各视点处俯仰视角所对应的反射偏折型散射子屏 71 转到与各视点相对应的位置时,才可以观察到相应的窄条图像。由于上述的各视点不同俯仰视角,因此与不同俯仰视角对应的反射偏折型散射子屏 71 也不同,而不同的反射偏折型散射子屏 71 具有不同的主偏折角度,所以,上述的具有相同水平位置各视点所观察到的窄条图像也是略有区别的。

[0051] 当反射组合式偏折型散射屏 7 旋转后,高速投影机 2 同时切换图像,位于观察区域中对应于同一水平位置且分处 N 个分离的环形区域的各个视点,每个视点可观察到投影图像序列里供这一视点区域观看的连续多幅图像中不同位置窄条图像的组合图像。

[0052] 反射组合式偏折型散射屏 7 转动一周,高速投影机 2 投影出 M 幅图像,每一幅投影图像均包含了 N 个垂直俯仰视角的图像信息。反射组合式偏折型散射屏 7 每转动 $360/M^\circ$,高速投影机 2 要切换一幅图像。为了满足人眼的视角暂留效应并降低给观察者造成的闪烁感,一般需要比较高的图像刷新频率。高的图像刷新率需要反射组合式偏折型散射屏 7 的高速转动来实现。设反射组合式偏折型散射屏 7 的转速为 ω ,则高速投影机 2 的帧速 F 为 $M\omega$,三维场景的刷新频率也为 ω 。当视角间隔足够密的时候,人的双眼分属不同的水平视角区域,看到两幅略有区别的视差图像产生立体视觉,且经双眼融像出的三维场景悬浮于反射组合式偏折型散射屏 7 的上方,可供周围的观察者探入触摸交互。一般每转动一圈的投影图像数量需 200 幅以上,即 $M \geq 200$ 。若三维场景的刷新频率 ω 为 15r/s,则投影机的帧速 F 至少 3000 帧/s,所以需要高帧频的投影机。由于这种俯仰多视角的三维显示在同一时刻将针对不同俯仰视角的信息全部投影出来,即对某一俯仰视角观察者观察到的图像分辨率不高。因此,要想得到更加细腻逼真的三维图像,需提高高速投影机 2 的空间光调制器

的像素分辨率。最为常用的高速投影机 2 为单片式或三片式的 DMD(digital micromirror device, 数字微镜元件) 投影机。

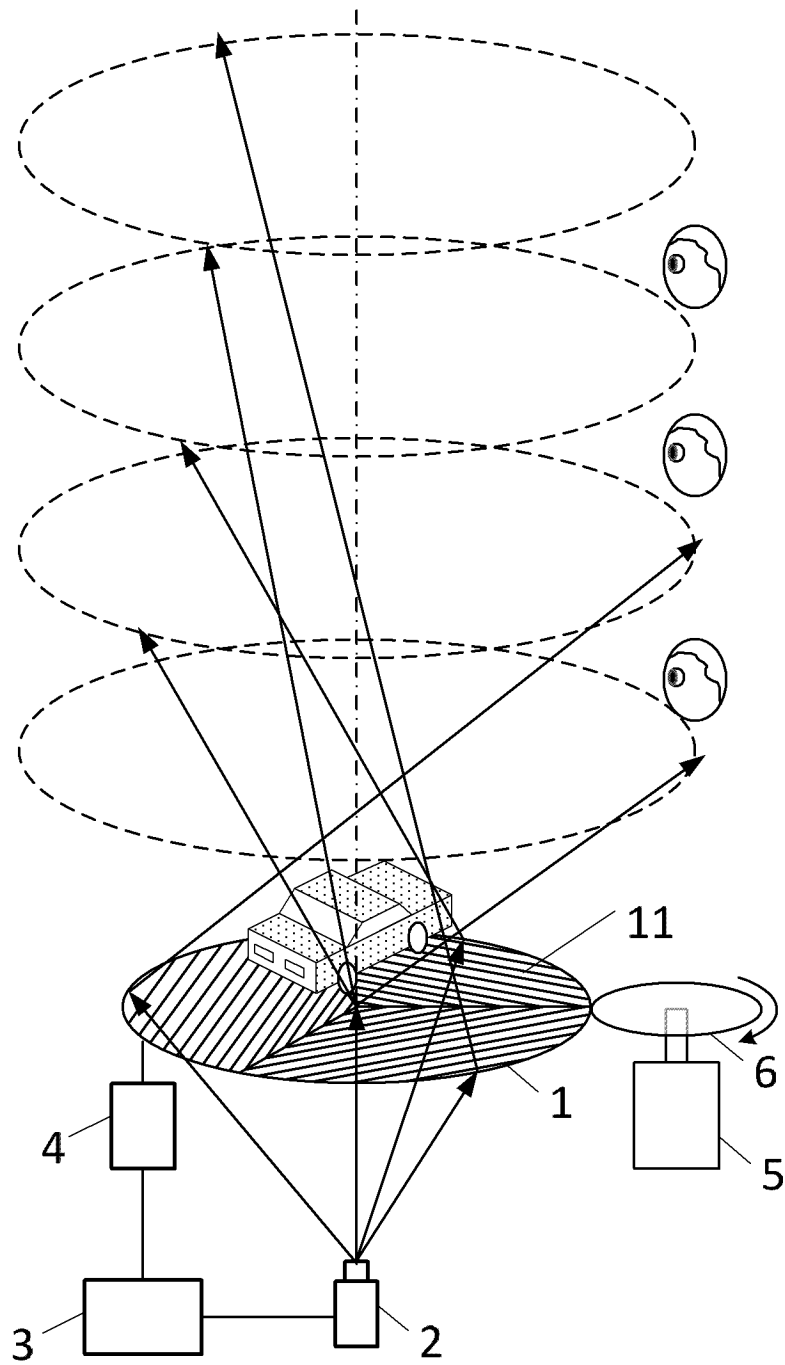


图 1

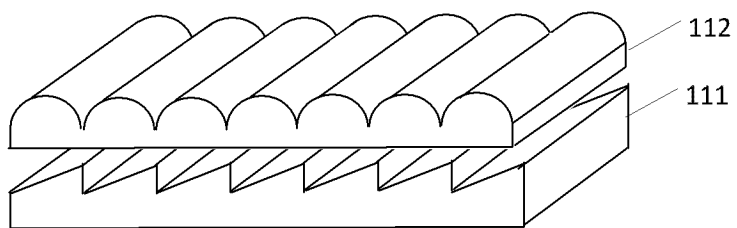


图 2

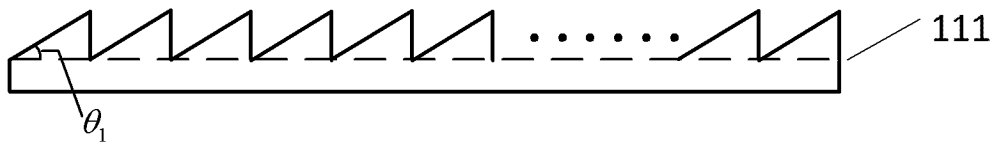


图 3

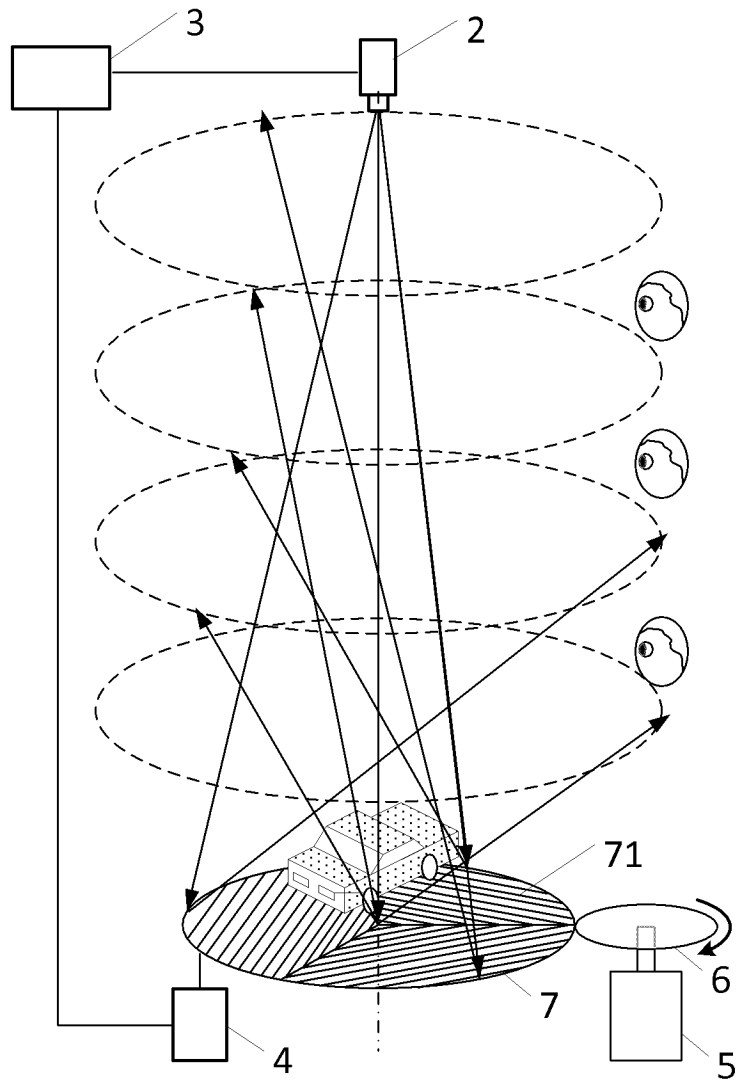


图 4

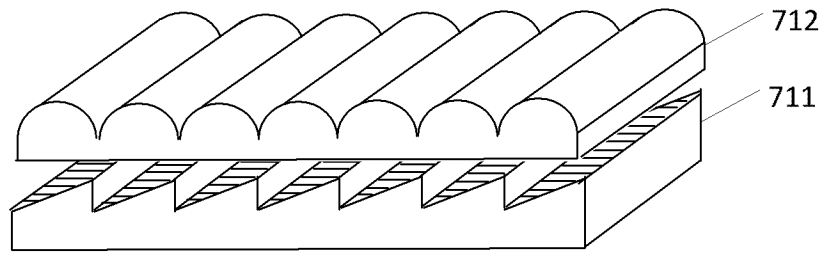


图 5

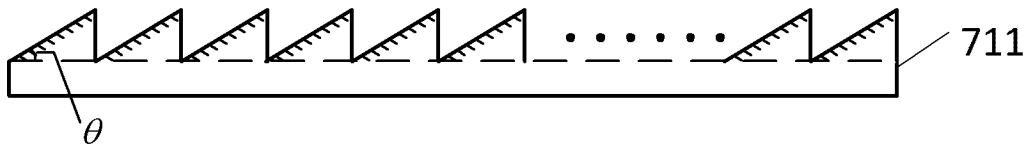


图 6