

Design of 3D Pseudo Hologram Projector

Fanlin Duan, Lei Chen, Chi Liu, Zhichao Wu

College of Opto Electronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an Shaanxi
Email: 2539711875@qq.com

Received: May 22nd, 2018; accepted: Jun. 6th, 2018; published: Jun. 14th, 2018

Abstract

3D pseudo-holographic projection is a widely used holographic display technology. In this paper, the single-signal LED display is used to project the three-dimensional projection source animation into a regular quadrangular pyramid-shaped transparent PVC sheet. The principle of optical catadioptric reflection presents a virtual three-dimensional animated illusion in a regular quadrangular pyramid. The video animation with lighting effects and storylines was designed using animation modeling software and video processing software. The image space of 68.5 mm, high 50 mm and four-pyramid is made, and the development of a projector device with a size of 135 mm × 100 mm × 55 mm is completed. The imaging effect and visibility range of the phantom were experimentation. It was found that when the LED display light intensity was 632Lux and the horizontal viewing angle was between 60 degrees and 120 degrees, a clear and controllable 3D animation projection with dynamic contrast of 1606:1 could be observed. The device has a low cost and small size, and has a strong sense of space, perspective and technology.

Keywords

Holographic 3D Projection, 3D Projection Source, 3D Animation Display

3D伪全息投影仪的研制

段帆琳, 陈磊, 刘池, 武志超

西安工业大学光电工程学院, 陕西 西安
Email: 2539711875@qq.com

收稿日期: 2018年5月22日; 录用日期: 2018年6月6日; 发布日期: 2018年6月14日

摘要

3D伪全息投影是一种较为广泛运用的全息显示技术。本文利用单路信号LED显示屏投影三维投影源动画

至正四棱锥形的PVC透明片中,由光学折反射原理在正四棱锥中呈现出虚拟的三维动画幻象。采用动画建模软件与视频处理软件设计了具有灯光音效及故事情节的视频动画,制作了边长68.5 mm,高50 mm的正四棱锥形的成像空间,完成了尺寸为135 mm × 100 mm × 55 mm的投影仪装置的研制。对幻象的成像效果及可视范围进行了实验,结果得到当LED显示屏光照度为632Lux,水平观影角度在60°至120°之间时可观察到动态对比度为1606:1的清晰可控的三维动画投影。该装置成本低、体积小,具有极强的空间感、透视感和科技感。

关键词

全息3D投影, 三维投影源制作, 三维动画显示

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

3D 伪全息投影技术也称为虚拟成像技术[1],可将三维画面悬浮在实景的半空中成像[2],具有对比度高,清晰度高,空间感和透视感强等特点[3] [4]。形成的空中幻象可与实物结合[5],增强幻象的真实感,同时可加配触摸屏实现与观众的互动[6]。3D 伪全息投影技术是数字化、信息化技术发展的新产物[7] [8],已成为全息显示技术的一种重要表现形式[9]。全息显示技术的发展分为三类:第一类为空气投影和交互技术。2005年31岁美国麻省理工的研究生 Chad Dyne 领导的 IO2 公开演示了世界上第一台三维空间投影系统,命名为“空气投影”技术。在电子学与空气学的双重作用下,凭借激光控制的方式在空气中制造一道“雾墙”,然后利用空气与水汽振动之间的偏差,即可以在空中勾画出一幅立体感十足的图像来,而视频源则可以是电脑、电视机和 DVD;第二类为全息成像技术。2006年,日本公司 Science and Technology 研制了一种利用激光束来投射实体的全息影像投射方法。这一方法主要是利用了氧气和氮气在空气中散开时,两者混合成的气体变成灼热的浆状物质,并在空气中形成一个短暂的 3D 图像;第三类为全息显示技术的衍生技术——3D 伪全息投影技术。2017年12月中央电视台综艺节目《国家宝藏》中采用此技术,将文物的三维画面悬浮在柜体实景中的半空中成像,无需借助其他设备即可观看 3D 幻影立体显示特效,给人以视觉上的冲击,具有强烈的纵深感。以上显示技术[10]呈现的裸眼立体 3D 显示图像均可实现大区域显示,前两类系统构成复杂,不易搭建,且成本过于高昂,第三类伪全息投影装置相对简单,但易受外界环境的干扰造成成像效果不稳定,而且价格也偏高,至今未能大量投入大众市场。

本文研究了一款可大众化应用的低成本、小体积的 3D 伪全息投影仪。基于伪全息投影原理,实现了高分辨率,高对比度的三维全息动画呈现,装置具有美观实用,搭建简易方便,成像效果清晰可靠,对比度高,娱乐互动性强等优点。

2. 总体方案设计

伪全息投影原理区别于利用干涉与衍射原理记录并再现物体的全息成像,不是真正意义上的光学全息技术,而是利用佩伯尔幻像技术。当投影源动画与玻璃面成 45°角时,光线在玻璃表面发生反射和折射,一部分光经玻璃表面反射,投向观众,一部分光透过玻璃继续传播。根据平面镜成像原理,平面玻璃所成的虚像的位置与源影像位置相对于玻璃表面对称,由于观众看不到反射玻璃和投影光源,观众便认为

自己眼中的像是由虚像所在的相对位置发出的，如果像的大小和位置又恰好符合透视原理，便可以创造额外的深度，使观众大脑自动将屏幕上的虚像与真实背景融合在一起，物体或人物便凭空出现在背景中。作用原理如图 1 所示。

3D 伪全息投影仪由视频投影源，LED 显示屏，成像空间及投影仪支架组成。总体方案设计如图 2 所示。

视频投影源采用前后左右四个方向上的摄像机对三维人物模型进行渲染的原始全息图像(图 3)，产生这样的视频素材渲染序列帧必须是 32 位 TGA 图片或者 PNG 图像格式序列，这两种格式本身具有色彩属性，同时还包含 Alpha 通道。

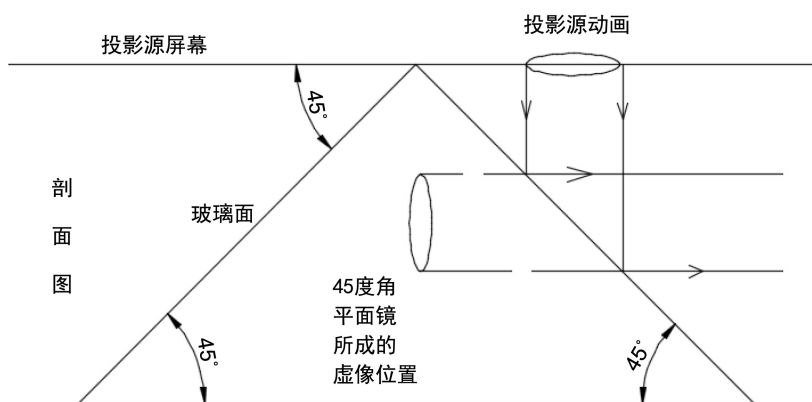


Figure 1. 45 degree angle plane mirror imaging principle diagram
图 1. 45 度角平面镜成像原理图

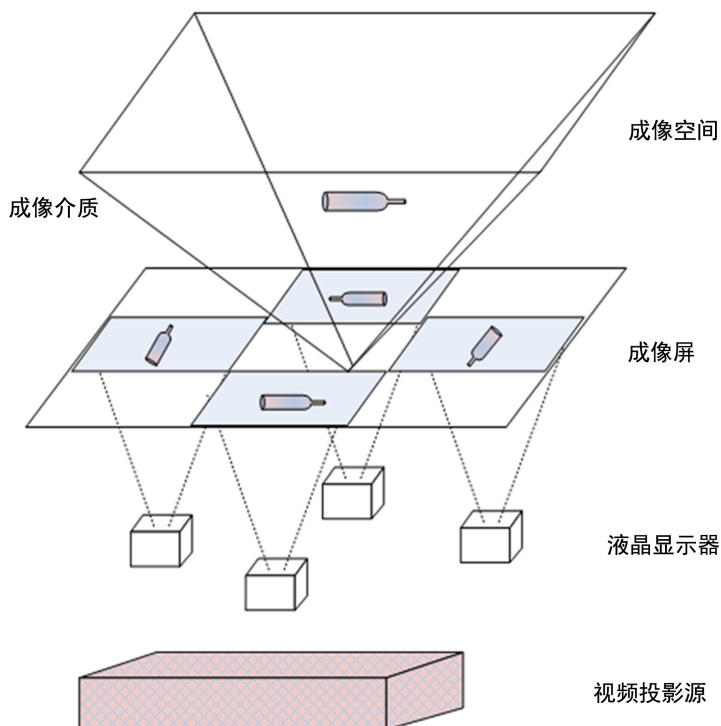


Figure 2. General design of 3D pseudo hologram projector
图 2. 3D 伪全息投影仪总体设计图

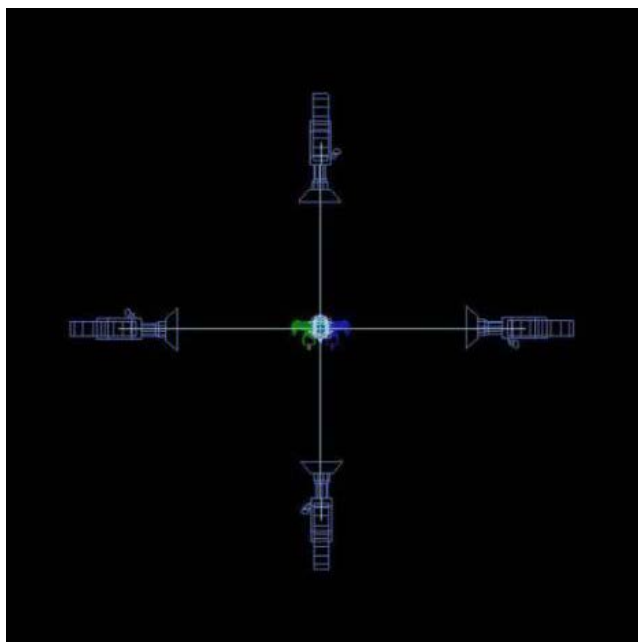


Figure 3. Four angles original holographic image material acquisition diagram

图 3. 四个角度原始全息图像素材取得示意图

三维人物模型利用 Autodesk Maya 软件设计, 从基本的几何体(立方体、圆柱等)开始, 拉伸, 截面, 旋转, 修改建成人物模型。设置人物模型背影为黑色, 去除多余的点线面。动画模型绑定, 建立人物的骨骼, 通过控制使人物动起来, 对人物模型细节绑定优化使各个部位都能自由活动。完成绑定优化后调整相机视点, 设置抗失真, 调整输出视频帧率及视频大小, 保持以上参数一致, 完成四个面的动画制作。如图 4 所示。

利用会声会影视频处理软件, 添加前后左右四个面的视频动画, 在轨道管理器中覆叠轨设置为 4 个, 依次将四个视频拖入四条轨道, 可在音频轨道中添加动画音乐。选择“显示网格线”方便对应视频的位置, 旋转视频来调整 4 个视频的位置。调整 4 个视频离中心点的距离, 使其保持一致, 如图 5。选择高清 720P 视频格式输出, 保存视频。

成像屏和液晶显示器采用 4.7~11.6 英寸的手机或平板电脑的 LED 显示屏投影三维素材动画。结合 LED 显示屏设备大小和成像空间, 投影仪支架结构设计为可根据不同 LED 显示屏设备可大小高低调节的可控支架, 支架用于固定成像空间和 LED 显示屏。

成像空间结构设计为正四棱锥型。LED 显示屏为正四棱锥投射物体的前后左右全息影像, 正四棱锥的四面全息膜通过光线反射方式将光信号汇集到一起后形成具有真实维度空间的立体影像。根据 LED 显示屏素材投影面大小计算正四棱锥高和边长。为实现素材动画完整清晰显示, 正四棱锥高 H 应为素材动画高度的 1~1.5 倍, 正四棱锥边长 $a = 2H$, 由正四棱锥几何关系得棱长

$$L = \sqrt{H^2 + \frac{a^2}{2}}$$

由边长 a 和棱长 L 可确定正四棱锥侧面三角形大小。

3. 实验及结果分析

3D 伪全息投影仪的搭建如图 6 所示。

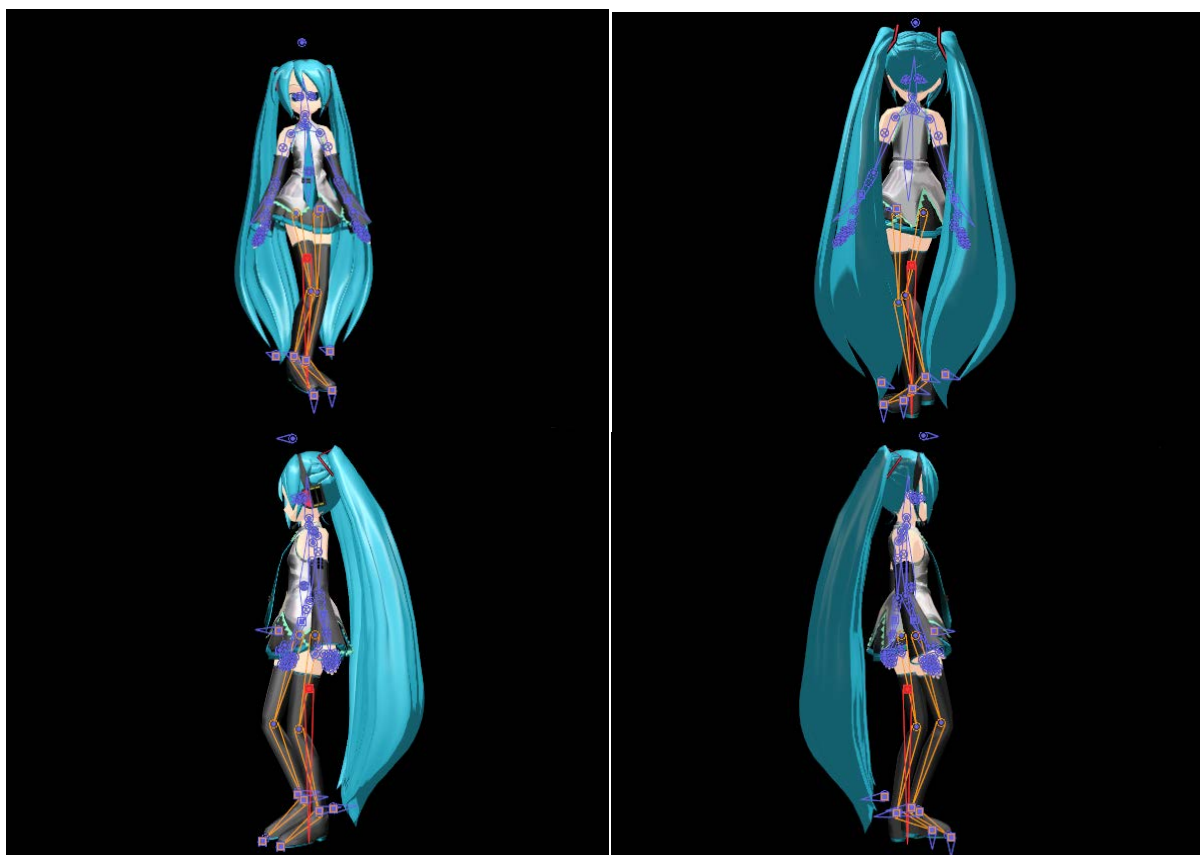


Figure 4. Character model animation binding
图 4. 人物模型动画绑定

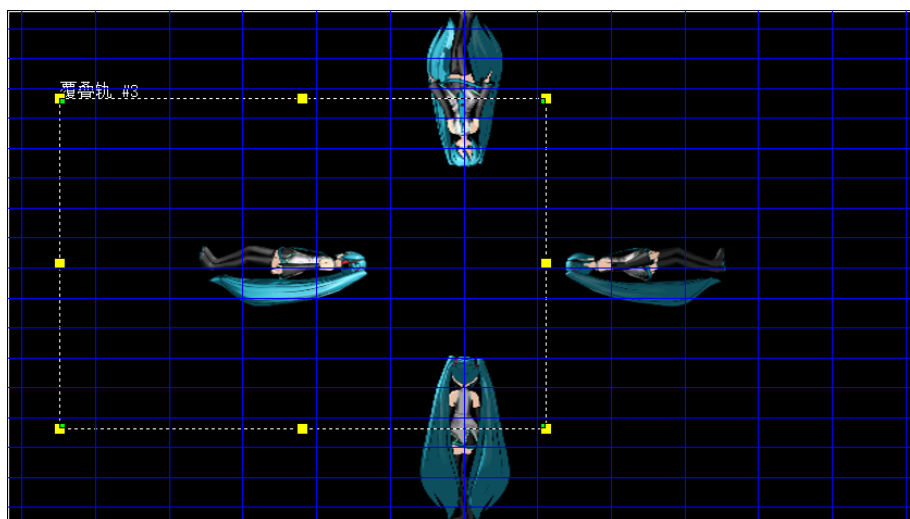


Figure 5. Projection source animation superposition
图 5. 投影源动画叠加

采用 5.5 英寸 LED 显示屏投影全息动画视频，动画人物高 30 mm，宽 20 mm，动画人物背景为纯黑色，可减少人物背景光的干扰(如图 7)。

成像空间采用 0.1 mm 厚并覆有全息投影膜的 PVC 透明片胶接为正四棱锥形制作而成。正四棱锥底

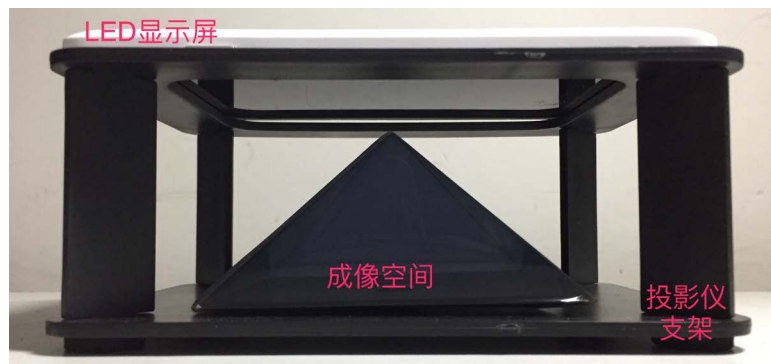


Figure 6. Construction of a pseudo hologram projector

图 6. 3D 伪全息投影仪的搭建

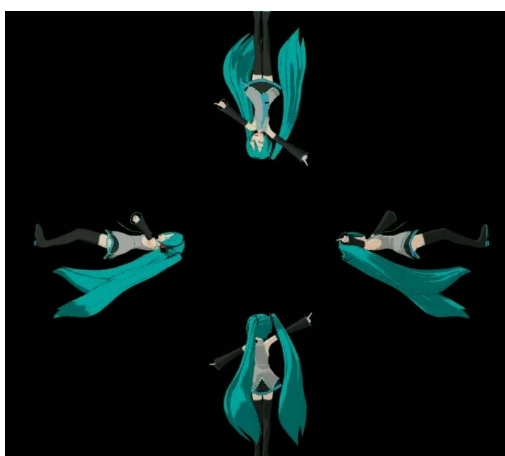


Figure 7. Projection source animation

图 7. 投影源动画图

边长度为 5.5 英寸投影屏的横向尺寸 68.5 mm，正四棱锥高度 H 为 50 mm，棱长 69.6 mm，正四棱锥侧面和水平面夹角为 45° 。固定成像空间和 LED 显示屏的支架长 135 mm，宽 100 mm，高 55 mm，可使投影幻象位于正四棱锥正中心。

图 8 为投影仪成像效果图。根据照度计测量幻象光照度大小可计算幻象对比度，进而衡量伪全息投影仪的成像效果。LED 显示屏播放全息动画视频，调整显示屏至最高亮度和最低亮度，由照度计测量光照度为 632Lux 和 0.3Lux，投影源对比度为 2106:1。由于成像介质吸收率为 3%~5%，经过成像空间形成的三维全息影像由照度计测量幻影动画的最高光照度为 482Lux，最低光照度为 0.3Lux，对比度为 1606:1，动画表现清晰，对比度较高。

探究 LED 显示屏光照度对成像效果的影响。固定观影角度为 90° ，由照度计测量得 LED 显示屏最高亮度和最低亮度下成像的幻影光照度分别为 482Lux 和 0.3Lux。改变 LED 显示屏设备亮屏在 0%，25%，50%，75%，100% 情况下的光照度得到幻影光照度和成像效果的关系，如表 1。不同亮屏光照度下成像效果图像如图 9 所示。

如图 9 所示，图中 a、b、c、d 分别对应幻影光照度为 123Lux、248Lux、360Lux、482Lux 时成像效果图。由图 9 中可以看出当幻影光照度越大时成像系统所成的像越清晰，人物细节越明显。幻影光照度达到最大 482Lux 时即 LED 显示屏光照度调至最大 632Lux 时，成像效果对比度为 1606:1，达到非常清晰的显示，日常室内光照度为 300~500Lux，此成像效果满足白天室内环境下的展示要求。



Figure 8. Projector imaging effect map
图 8. 投影仪成像效果图

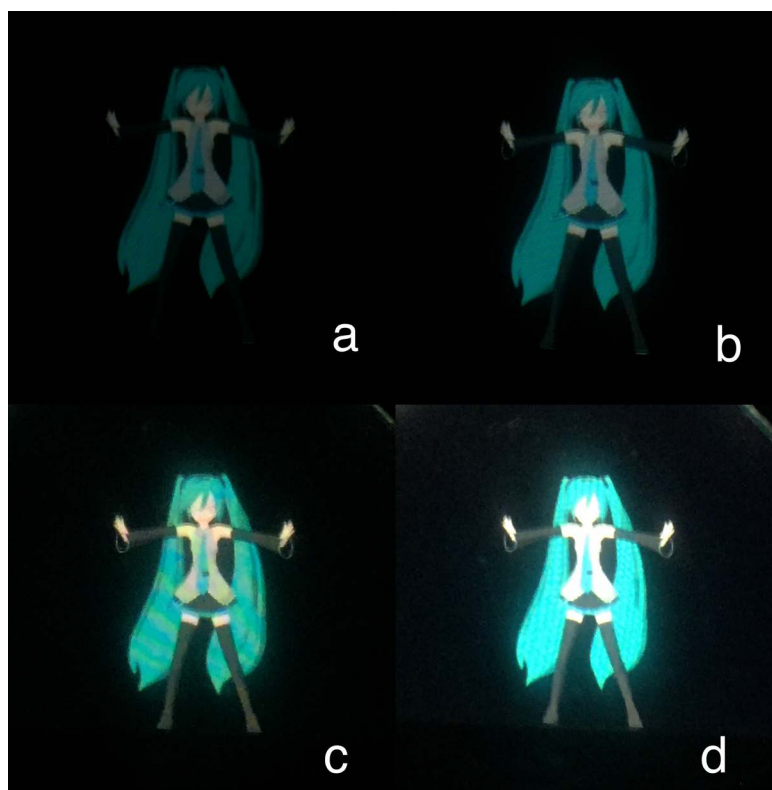


Figure 9. Imaging effect of different phantom illuminations
图 9. 不同幻影光照度下成像效果图

Table 1. The relationship between the illumination of different phantom and the effect of imaging
表 1. 不同幻影光照度和成像效果的关系

幻影光照度/Lux	20.6	123	248	360	482
对比度	69:1	410:1	826:1	1200:1	1606:1
成像效果	模糊	较模糊	较清晰	清晰	非常清晰

探究成像空间对观影角度的影响。调整设备光照度至最高，对人物正面投影进行实验，观影角度为 $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ ，改变水平观影角度得到不同角度与幻影可见度的关系，如表 2。以 90° 为中心，当水平观影角度为 30° 、 40° 、 60° 时幻象的可见程度图像分别如图 10~12 所示。

由图 10~12 可以看出以 90° 为中心，当水平观影角度为 30° 、 40° 、 60° 时幻象的可见程度分别为 25%、50%、100%。同理，当水平观影角度超过 90° 后可见幻象角度于图示角度相互补。由于幻象是必须透过伪全息投影膜才能被看见，观看角度会受到一定限制，因此，投影仪单个面可展现完整三维幻象动画的水平视角为 $60^{\circ}\sim 120^{\circ}$ 之间。

Table 2. Relationship between different angles and phantom visibility

表 2. 观影不同角度与幻影可见度的关系

观影角度	30°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	150°
幻影可见度	25%	50%	100%	100%	100%	100%	50%	25%

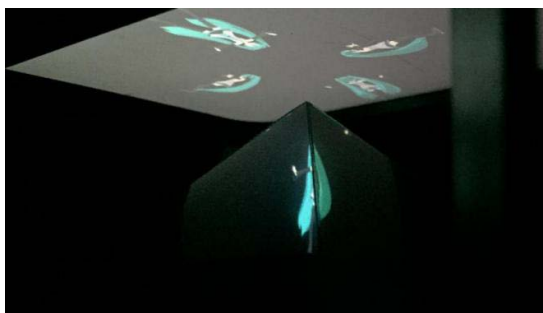


Figure 10. Visual illusions at the angle of 30 degrees

图 10. 水平观影角度为 30° 时可见幻象图

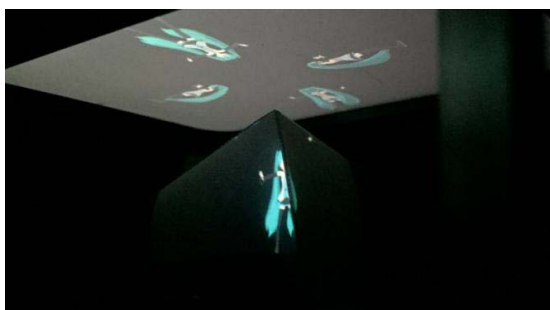


Figure 11. Visual illusions at the angle of 40 degrees

图 11. 水平观影角度为 40° 时可见幻象图

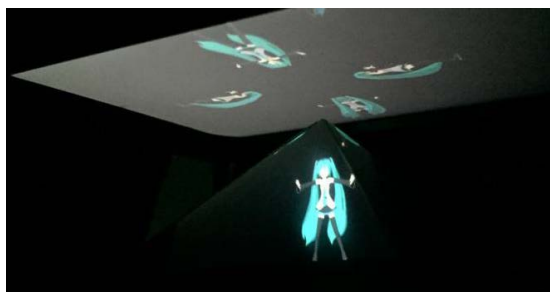


Figure 12. Visual illusions at the angle of 60 degrees

图 12. 水平观影角度为 60° 时可见幻象图

4. 结论

使用 5.5 英寸单路信号 LED 显示屏投影三维动画模型的前后左右全息影像至覆有全息投影膜的正四棱锥形的成像空间中, 由光学折反射原理在成像空间中即可呈现出虚拟的三维动画幻象。实验装置尺寸为 135 mm × 100 mm × 55 mm, 装置便携可靠, 搭建简单, 成像效果良好, 分析了 LED 显示设备的光照度对成像效果的影响及成像空间对观影角度的影响, 实验得到 LED 显示设备光照度为 632Lux, 观影角度在 60° 到 120° 之间可观察到对比度为 1606:1 的清晰可控的三维动画投影。3D 伪全息投影仪所成的像效果奇特, 展现出极佳的视觉体验。

本文制作的 3D 伪全息投影仪, 装置搭建简易方便, 美观实用, 成像效果清晰可靠; 呈现的集影音娱乐教育于一体的三维投影源动画, 可作为教学展示或文物展览广泛用于图书馆, 博物馆, 科技馆及展览活动等文娱领域, 具有广阔的应用前景与市场。该装置可改进之处是制作尺寸足够大的成像空间, 并采用统一控制的四台分辨率相同的投影设备, 分别安装至成像空间的四个投影面前, 可实现超大屏 3D 伪全息投影效果, 更好地应用于大型动画投影商业演示, 展示效果更好, 但造价昂贵。

致 谢

感谢大学生创新创业训练计划项目(201710702001)的资金支持。

参考文献

- [1] 高超, 杜晓红, 赵世超, 康健. 全息投影[J]. 中国新通信, 2015, 17(22): 2-3.
- [2] 胡音. 幻影成像技术在展示设计中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州大学, 2016.
- [3] 周禹. 分析全息投影技术在演艺活动中的应用[J]. 艺术科技, 2014, 27(2): 82.
- [4] 魏健. 基于幻影成像的民族起源三维展示系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2015.
- [5] 高薇华, 刘姣, 韩潇. “沉浸式”全息数字博物馆应用展望[J]. 文化学刊, 2015(10): 153-155.
- [6] 王思超. 论全息投影技术在展示空间中的应用[J]. 现代经济信息, 2015(24): 318.
- [7] 杨毅. 论全息投影技术中虚拟角色制作与设计[J]. 科教文汇(下旬刊), 2013(28): 94-98.
- [8] 吴峰. 三维动画角色造型设计要素研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
- [9] 吕炜, 田丰, 金智锋. 交互式幻影成像系统研制[J]. 电视技术, 2016, 40(6): 32-38.
- [10] 3D 技术——从三维投影到全息成像是如何实现的? [EB/OL].
<https://wenku.baidu.com/view/ffb8ad0d1eb91a37f0115c5e.html?sxts=1524646780460>, 2014-10-06.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5450, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: oe@hanspub.org