

一种三维全息投影屏的制作方法

于丽 杨宇 于佳 刘惠萍 王金城

(中国海洋大学信息学院, 山东 青岛 266100)

摘要 与传统二维投影显示相比,三维投影显示不仅可以使观察者看到更加生动形象的投影效果,并且可以提供丰富的三维信息,具有良好的市场应用前景。根据全息光学原理,提出一种基于全息透镜阵列屏的三维投影方法:利用多组相机进行原场景采样,经过图像处理由多组投影仪投射到全息投影屏上,投影屏由一种全息光学元件——全息透镜阵列构成,通过该透镜阵列能够实现对该投影光束的定向衍射积分,使其满足双眼视差原理,从而再现原物像三维空间信息,实现三维投影。通过实验制作了该全息透镜阵列,探讨了采用此全息光学元件实现三维投影的方法。

关键词 全息术;三维显示;三维投影;全息透镜

中图分类号 O438.1 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/LOP50.020902

A Method of Making Three-Dimensional Holographic Projection Screen

Yu Li Yang Yu Yu Jia Liu Huiping Wang Jincheng

(Information College, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100, China)

Abstract Compared with the traditional two-dimensional (2D) projection display, three-dimensional (3D) projection display with good market prospect not only enables the observer to see a more vivid projection image, but also provides 3D information. On the basis of principle of information optics, we put forward a process to a 3D holographic projection, which is based on a holographic lens array screen: the images sampled by camera array are transformed and projected by projector arrays to a holographic projection. The projection consists of holographic optical elements — holographic lens array, through which the projection beam is transformed into directional diffraction integral, reproducing the 3D information of the object and realizing 3D projection. The experiment making the holographic lens array is described, which can control the orientation of the projection beam diffraction; and the method of achieving 3D projection by using holographic optical elements is investigated.

Key words holography; three-dimensional display; three-dimensional projection; holographic lens

OCIS codes 090.1970; 090.2870; 050.1965

1 引言

三维(3D)显示技术可以生动再现物体,实现逼真的模拟场景,具有二维(2D)显示技术无法比拟的优势,在军事、工业、医药科学以及日常工作生活各个领域具有巨大的应用价值。从20世纪初至今,科学家对于三维成像的研究从未停止过。前期三维显示技术主要基于双眼视差和立体图概念^[1],其中一些技术相对成功,但大部分是以降低分辨率等来得到有限的三维效果^[2,3]。三维显示技术的发展趋势是真实再现,全息术被认为是实现三维显示最为理想的方式,但由于全息图本身存储信息量大,很难实现实时显示^[4]。本文根据全息术的基本原理,提出一种基于三维全息投影屏的三维投影方法,并对其成像原理进行分析,简要介绍了这种三维投影屏的制作方法。

收稿日期: 2012-08-02; **收到修改稿日期**: 2012-09-04; **网络出版日期**: 2013-01-11

作者简介: 于丽(1987—),女,硕士研究生,主要从事三维成像方面的研究。E-mail: yuli198700@163.com

导师简介: 王金城(1955—),男,教授,主要从事全息术与三维成像、光度色度学等方面的研究。

E-mail: hololab@ouc.edu.cn

2 原理

2.1 三维信息的采集

在物像空间选取采样平面 C , 将其分为 $M \times N$ 个单元, 对应于每个单元, 采用 $M \times N$ 个相机对目标 O 进行拍摄, 要求相机的参数相同, 分辨率相同 ($J \times K$), 聚焦到物体上的焦点为 R , 由此得到 $M \times N$ 幅图像 I_{mn} , 如图 1 所示。其中 I_{mnjk} 为位于 m 行 n 列上的相机记录的图片对应的像素单元。

2.2 图像变换

如图 2 所示, 全息投影屏分成 $J \times K$ 个全息像素 H_{jk} , 当观察者通过三维全息投影屏上的全息透镜观看时, 投影仪投射在各个透镜上的相应方向的光束进入人眼, 组成物像空间的一幅完整的图像 I_{mn} 。由于双眼位置的不同, 将接收到物像空间不同角度的图像 $[I_{mn}, I_{m(n+1)}, \dots]$, 从而实现立体视觉^[5,6]。同一个投影仪投射到全息透镜 H_{jk} 上的单位图像 H'_{jk} 由不同图像 $[I_{mn}, I_{m(n+1)}, \dots]$ 的构成像素 $[I_{mnjk}, I_{m(n+1)jk}, \dots]$ 组成, 因此需要将三维信息采集过程中得到的 I_{mn} 进行图像变换^[7], 得到相应投影仪 P_{nm} 的投射图像 P'_{nm} $[P'_{nm} = \sum \sum H'_{jk}, H'_{jk} = \sum \sum I_{mnjk}]$ 。

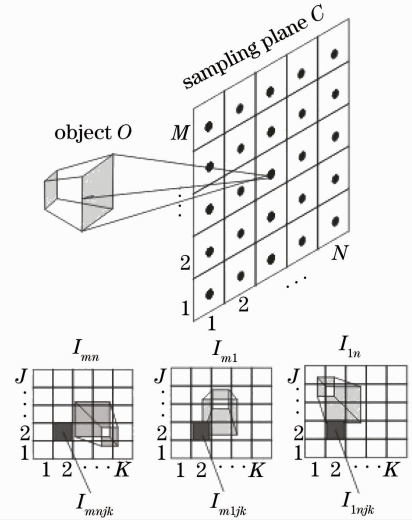


图 1 信息采集示意图

Fig. 1 Diagram of information collection

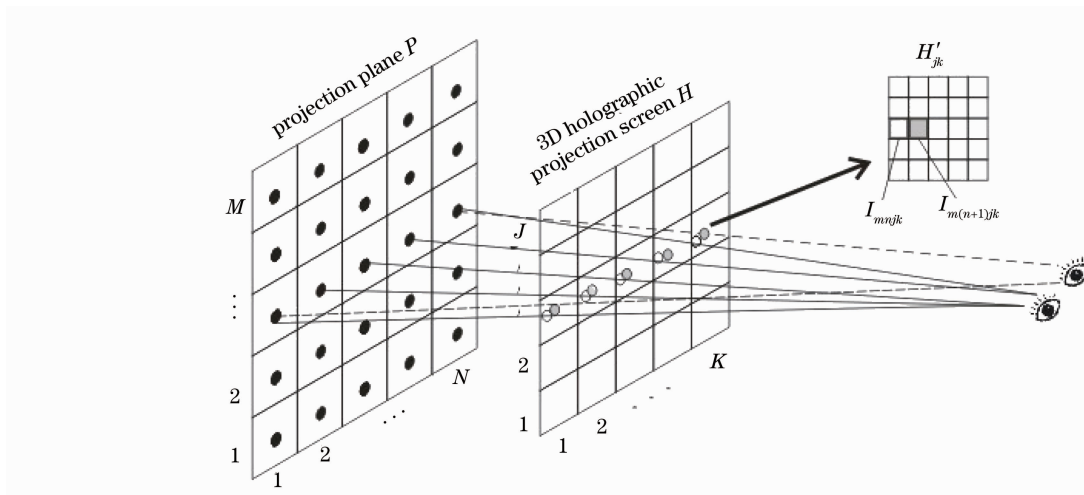


图 2 图像变换示意图

Fig. 2 Diagram of image transformation

2.3 三维信息的再现

使用 $M \times N$ 个具有相同参数的数字投影仪 P_{nm} 将图像 P'_{nm} 投影在全息投影屏, 相当于 $M \times N$ 个携带物像信息的点光源。投射到 H_{jk} 上的图像是由各 P'_{nm} 中对应的像素 P'_{mnjk} 组成, 即 $H_{jk} = \sum \sum P'_{mnjk}$, 经过 H_{jk} 的定向衍射控制作用, 包含相应信息的光束被衍射到相应位置, 如图 3 所示。因此, 全息投影屏各个像素单元具有物像空间在焦点 R 所在平面上相应位置的全部光信息。人眼处于不同位置时, 透过每个全息投影屏的全息像素单元看到的物像信息将构成相应位置上的物像空间图像, 双眼产生立体视觉。

3 实验

全息三维投影屏相当于一个真实再现通过 $M \times N$ 抽样的三维空间信息的光学解码器。其中最为关键的部分是将得到的信息光束, 定向衍射到 ω_{mn} 空间角度范围内, 使人眼接收到所需要的光信息。

三维全息投影屏的单位透镜拍摄所需物光和参考光设计如图 4 所示。激光经过分束镜得到物光和参考

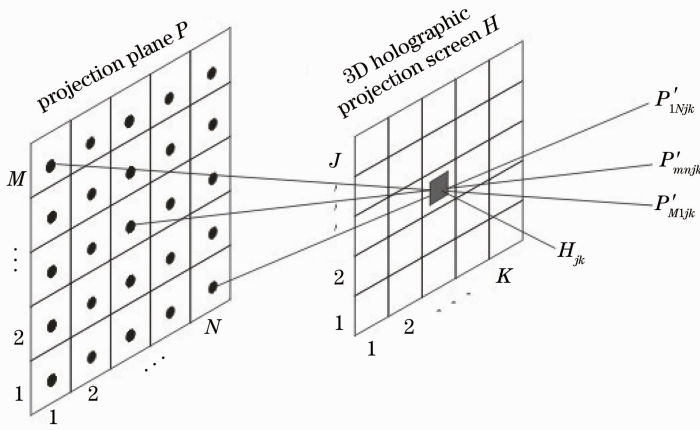


图3 全息信息再现示意图

Fig. 3 Diagram of image recovery

光,物光通过透镜会聚于记录干板上,会聚角为 ω_{mn} ,参考光以平行光的形式照射在干板的同一位置上,两束光发生干涉,记录在全息干板上,得到全息单位透镜。通过计算机控制快门的开关和干板架的移动,由此得到一组全息透镜阵列。

4 实验结果与讨论

经初步实验,搭建光路拍摄部分全息透镜阵列,如图5所示。通过实验检验,该全息阵列可以实现对投影光的定向衍射。入射光与全息阵列的夹角为 θ ,出射光发散角度为 ω_{mn} 。

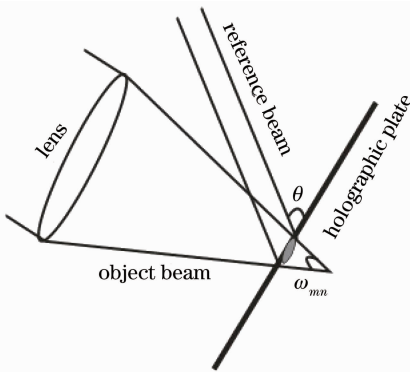


图4 全息透镜阵列拍摄光路示意图

Fig. 4 Beam path diagram of the holographic lens array

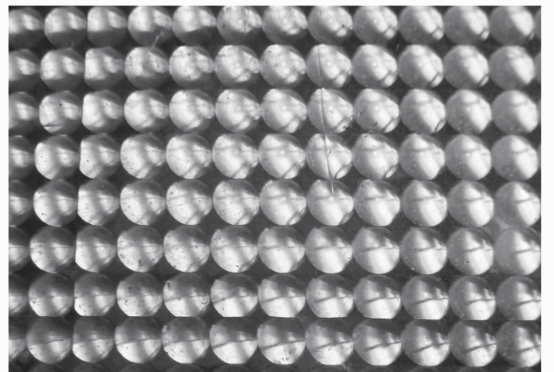


图5 全息透镜阵列实物图

Fig. 5 Picture of the holographic lens array

由于投影仪与全息透镜阵列的距离远大于全息透镜的尺寸,因此各个投影仪投在单位全息透镜上的光可近似看作平行光,当该光束不能近似为平行光时,将在投影显示时产生畸变,各全息透镜的散射角将大于设定角度,导致整体图像发生畸变^[8~10],在一定程度上影响立体显示效果。因此,如果投影机的设定位置与屏幕较近,则在制作相应的全息透镜时,参考光应采用严格的与投影光束共轭的方式。

5 结论

提出了一种基于全息透镜阵列屏的三维投影方法,分析了使用全息透镜还原物像信息的基本原理,简要介绍了所需全息透镜的制作方法,并初步探讨了采用全息光学元件实现三维投影的可行性。

参考文献

1 Charles Wheatstone. Contributions to the physiology of vision-on some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of

- binocular vision [J]. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 1838, **128**: 371~394
- 2 Lü Guoqiang, Hu Yuehui, Zhang Tao *et al.*. Current situation and development opportunities of 3D display [J]. *Vacuum Electronics*, 2011, (5): 22~27
- 吕国强, 胡跃辉, 张涛等. 立体显示的现状、机遇与建言[J]. *真空电子技术*, 2011, (5): 22~27
- 3 Zheng Huadong, Yu Yingjie, Cheng Weiming. A review on three-dimensional display techniques [J]. *Optical Techniques*, 2008, **34**(3): 426~434
- 郑华东, 于瀛洁, 程维明. 三维立体显示技术研究新进展[J]. *光学技术*, 2008, **34**(3): 426~434
- 4 Long Tao, Qian Keyuan. Research on digital synthetic holography based on multi-parallax stereo display [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2012, **49**(7): 070901
- 龙涛, 钱可元. 基于多视差立体显示的数字合成全息技术研究[J]. *激光与光电子学进展*, 2012, **49**(7): 070901
- 5 X. Shang, F. C. Fan, C. C. Jiang *et al.*. Demonstration of a large size real time full color three dimensional display [J]. *Opt. Lett.*, 2009, **34**(24): 3803~3805
- 6 Bai Xiaohui, Wan Lin, Ren Yaping *et al.*. Reflection holography for three-dimensional display based on computer-generated holography [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2012, **41**(5): 591~595
- 拜晓慧, 万琳, 任亚萍等. 利用反射全息实现计算全息三维显示[J]. *光子学报*, 2012, **41**(5): 591~595
- 7 Zhong Liyun, Zhang Yimo, Lü Xiaoxu *et al.*. Some quantitative analysis about digital holographic reconstructed image [J]. *Chinese J. Lasers*, 2004, **31**(5): 570~574
- 钟丽云, 张以谟, 吕晓旭等. 数字全息图再现像的分析计算[J]. *中国激光*, 2004, **31**(5): 570~574
- 8 Fan Qi, Zhao Jianlin, Li Shiyang *et al.*. Detail displaying and vision aberration rectifying of reconstructed image in digital holography [J]. *Chinese J. Lasers*, 2005, **32**(10): 1401~1405
- 范琦, 赵建林, 李世扬等. 数字全息再现像的细节显示和视觉畸变矫正[J]. *中国激光*, 2005, **32**(10): 1401~1405
- 9 Zheng Huadong, Dai Linmao, Wang Tao *et al.*. Optoelectronic reconstruction of three-dimensional scenes based on multiple fractional-Fourier-transform holograms [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2011, **48**(2): 020901
- 郑华东, 代林茂, 王涛等. 三维物场多重分数傅里叶变换全息图光电再现实验研究[J]. *激光与光电子学进展*, 2011, **48**(2): 020901
- 10 Lou Yuli, Li Junchang, Gui Jinbin *et al.*. Analysis of influence caused by lens' chromatic aberration in color digital holographic system [J]. *Chinese J. Lasers*, 2012, **39**(4): 0409001
- 楼宇丽, 李俊昌, 桂进斌等. 彩色数字全息系统中透镜色差影响的研究[J]. *中国激光*, 2012, **39**(4): 0409001