

文章编号: 1001-3806(2002)04-0267-03

像素化全息显示技术*

吕晓旭 钟丽云 张永安 余灿麟 熊秉衡
(昆明理工大学激光研究所, 昆明, 650051)

Jeong T H
(美国森林湖大学光子学研究中心, 森林湖, IL60045)

摘要: 提出了一种像素化全息显示技术, 并在实验中获得成功。这种显示技术可以解决阻碍显示全息发展的 3 个主要因素, 为显示全息的广泛应用和市场开发提供一种新的方法和途径。

关键词: 透射全息图; 反射全息图; 全息光学元件; 像素化全息显示

中图分类号: O438.1 **文献标识码:** A

Pixelated holographic display system

L Ü Xiaoxu, Zhong Liyun, Zhang Yongan, She Canlin, Xiong Bingheng
(Laser Research Institute, Kunming Science and Technology University, Kunming, 650051)

Tung H. Jeong

(Photonics Corporation, University of Lake Forest in USA, Lake Forest, IL60045)

Abstract: In the paper, the pixelated holographic display method is presented and tested successfully through experiment. The new method can solve the problems of light source, space requirement and alignment.

Key words: transmission hologram; reflection hologram; holographic element; pixelated holographic display

引言

显示全息图的展示和应用受到光源、光源与全息图的相对位置以及再现空间 3 个因素的制约^[1~4]。采用一般的方法再现大尺寸全息图时, 需要大功率的激光或其它光源, 由于这些光源均是较强的热辐射和光辐射源, 有可能损伤眼睛。再现全息图时, 光源与全息图之间必须保持固定的相对位置, 需要占用一定的空间, 确定这一位置需具备一定的专业知识, 不利于全息显示技术的普及和应用。对于反射型全息图, 还不能距全息图太近来仔细观察再现像, 否则会挡住从身后射来的再现光。本文中提出的像素化全息显示技术, 能够克服现有技术的缺点, 可以制作成任意形状、任意厚薄、任意大小, 可模块化生产, 特别适合于大尺寸全息图的显示。

1 工作原理和结构设计

像素化全息显示 (PHD: pixelated holographic display) 技术的基本思想, 是把大尺寸全息图视为或

分割成若干独立的全息图单元, 用全息光学元件 HOE 把近距离放置的点光源转换成分别与各个全息图单元匹配的再现光 (通常为平行光), 再现出完整的立体像。用上述技术思想制成的全息显示装置由点光源、光阑或光束整形元件、全息光学元件、全息图以及这些部件的装夹结构组成。先用这些部件制成全息显示单元, 再由显示单元组合成显示组件或系统。根据要显示的全息图是透射型还是反射型, 分别采用对应的全息光学元件, 可以得到透射全息图再现单元、组件或系统以及反射全息图再现单元、组件或系统。

2 实验研究

针对透射全息图和反射全息图再现时的不同, 对透射全息图再现单元和系统与反射全息图再现单元和系统分别进行了实验研究。

2.1 透射全息图的像素化全息显示

2.1.1 透射型全息光学元件的制作 透射全息光学元件 HOE 的制作如图 1 所示^[5]。用一点光源和记录透射全息图 H 的参考光, 拍摄一张透射全息光栅 (即透射型 HOE), 将制作好的 HOE 与透射全息图 H 按图示位置放在一起, 用原点光源照明全息图

* 云南省应用基础研究基金资助项目。

作者简介: 吕晓旭, 男, 1959 年 2 月出生。副教授。主要从事全息技术和光电检测方面的研究工作。

收稿日期: 2001-07-03; 收到修改稿日期: 2001-09-03

H 可以再现原参考光。根据使用和设计要
求,全息光学元
件,可以制作成
圆形、方形、五
边形、六边形等
各种形状和不

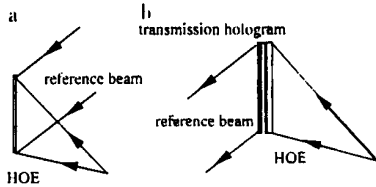


Fig. 1 Schematic diagram
a - making transmission HOE b - a
typical configuration for using HOE

同的大小,还可排版制成阵列,通过复制批量生产。
3.1.2 透射全息图的像素化全息显示单元 图 2
以正方形结构为例,说明透射全息图的像素化全息
显示单元结构原理和再现过程。图中,1 是点光源,

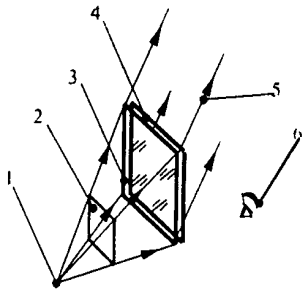


Fig. 2 Schematic diagram of
pixelated transmission
holographic displaying
unit

可以是经过扩束的半
导体激光、由光纤传
输来的激光或卤素灯,对薄全息图只能
选择前二者;2 是光阑
或光束整形元件,其
作用是使由点光源射
来的光束刚好照满透
射型光束适配元件;3
是光束整形元件,它
把光波变为与全息图单元匹配的平行光或其它类型
的再现光,4 是要再现的透射全息图,需要注意的是,
在拍摄透射全息图时就应考虑参考光与 HOE
产生的再现光的匹配,同时还要考虑到显示屏的形
状;5 是通过光束适配元件后的再现光;6 为观察者。
透射全息图的像素化全息显示单元结构的再现过程
为:从点光源 1 发出的光波,经过光阑或光束整形元
件 2 后,刚好照满透射型全息光学元件 3,HOE 把光
波变为与透射全息图单元 4 匹配的再现光 5,再现
光经过透射型全息图
后,产生立体再现像,
供观察者 6 观察。

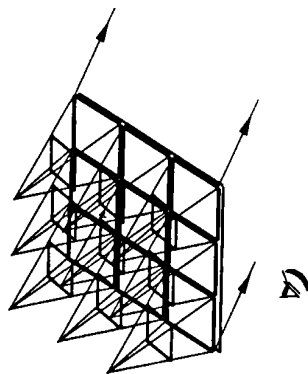


Fig. 3 Schematic diagram of
pixelated transmission
holographic displaying
system

2.1.3 透射全息图
的像素化全息显示组
件与系统 用像素化
全息显示单元,可以
组合或预制成任意表
面形状的像素化全息
显示组件,用若干组
件可以组成任意大
小、任意形状的透射
全息图显示系统。为了避免相邻显示单元之间再现

光束相互串扰,在每一个单元的光源与全息光学元
件之间需要加入光阑。图 3 为透射全息图的像素化
全息显示组件示意图。

2.2 反射全息图的像素化全息显示

2.2.1 反射全息光学元件的制作 反射全息光学
元件的制作如图 4 所示^[6]。用一点光源和记录反射
全息图 H 的参考光拍摄一张反射全息光栅,将制作
好的 HOE 与反射全息图 H 按图示放置在一起,在
原点光源照明全息图 H 可以再现原参考光,此时参
考光从观察者的前方过来,因此,观察者可以在任何
位置观看全息图。与透射全息光学元件相同,反射
全息光学元件也可以制作成不同大小和形状,并可
排版制成阵列,通过复制批量生产。

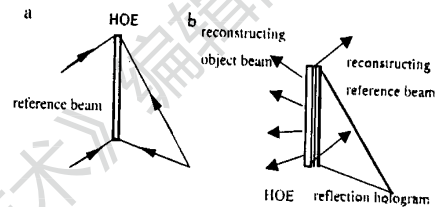


Fig. 4 Schematic diagram

a - making reflection HOE b - a typical configuration for using HOE

2.2.2 反射全息图的像素化全息显示单元 组成
反射全息图的像素化全息显示单元的基本部件与再
现过程与透射全息图的基本相同,不同的是,HOE
需做成反射式,而且再现时它的位置要放在反射全
息图之后。图 5 以正
方形结构为例,说明
反射全息图的像素化
全息显示单元结构原
理和显示过程:从点
光源发出的光波,经
过光阑透过反射全
息图后,刚好照满反
射型 HOE,HOE 使光

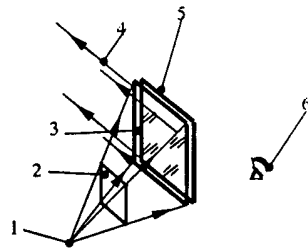


Fig. 5 Schematic diagram of
pixelated reflection
holographic displaying
unit

的传播方向折返,重新射向反射全息图,并变为与反
射全息图单元匹配的平行光,照射到反射型全息图
上,产生立体再现像,供观察者观察。

2.2.3 反射全息图的像素化全息显示系统 用像
素化反射全息显示单元,可以组合成平面、柱面、球
面以及任意表面形状的像素化全息显示组件,用若
干组件可以组成任意大小、任意形状的反射全息图
显示系统。为了避免相邻显示单元之间再现光束相
互串扰,在每一个单元的光源与光束适配元件之间
需要加入光阑。图 6 为反射全息图的像素化全息显
示组件与系统的示意图。

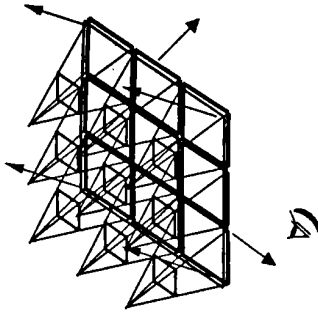


Fig. 6 Schematic diagram of pixelated transmission holographic displaying system

目前,已经分别用上述两种方法在实验上成功地实现了大尺寸透射和反射全息图的显示。

3 讨论

提出的像素化全息显示技术可以显示单色和彩色的透射型或反射型全息图。在显示彩色全息图时,需要把 HOE 做得能分别对多个波长的光波产生同一方向或不同方向的再现光,实验表明,这种方法是可行的^[7]。全息显示单元的大小不受限制,如果全息单元的尺寸为 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$,用波长 650nm ,输出功率 5mW 的 LD 做光源时,其再现物光的亮度可以满足在日光观察,全息显示装置可以做得很薄,并且保证每一个光源的热辐射和每一个全息图单元再现的光强都在安全限以内。与最新实时计算机全息图和空间光调制器技术结合,可以实现三维全息电影和交互式全息显示。像素化全息显示系统可以设计成任意形状和大小,可以制作

成与结构表面形状相同的形状镶嵌在结构表面,也可以制作成柱面、球面、立方体等封闭结构,观察者可以在这些封闭结构的里、外、上、下位置观察,适用于各种广告展示、科普宣传等。与计算机全息图和空间光调制器技术结合,可以按设计者的想象,通过空间光调制器实时产生各种平面和立体的图形和图像;随着计算机运行速度的提高,高响应速度和高分辨率空间光调制器的发展,可以实现大尺寸全息动画和全息电影。

4 结论

提出了一种可以制作任意形状、任意厚薄、任意大小、可模块化生产,特别适合于大尺寸全息图显示的全息显示技术,可以克服现有全息显示技术的不足。用这一技术制作的装置展示方便、安全,适于放置在不同大小空间和不同明暗环境,有广泛的用途和良好的商业前景。本技术与其它技术结合可以派生出新技术。

参 考 文 献

- [1] Kubota T, Ueda H. Proc SPIE, 1996, 2866: 207 ~ 214.
- [2] Berkhout R. Proc SPIE, 1998, 3293: 145.
- [3] Leith E N, Upatnieks J. J O S A, 1963, 53: 1377.
- [4] Leith E N, Upatnieks J. J O S A, 1964, 54: 1295 ~ 1301.
- [5] Jeong T H, Ro R J, Aumiller R W. Proc SPIE, 2000, 4149: 390 ~ 396.
- [6] Jeong T H, Wesly E. Proc SPIE, 1989, 1183: 706 ~ 713.
- [7] 吕晓旭,熊秉衡,施英. 光电子·激光, 1998, 9(6): 484.

(上接第 243 页)

探测导弹的羽烟,捕获并转入粗跟踪。(3)激光测距仪精确测量导弹的位置。(4)发射多束跟踪照明激光,照明导弹鼻锥转入精跟踪。(5)发射信标激光,并标识导弹燃料箱上的一点,也为以后的杀伤激光提供了相同的路径。(6)机上的波前传感器探测大气湍流引起的光束畸变,并将所得的信息送往自适应光学(变形镜)系统。(7)变形镜“预先畸变”杀伤性高能激光束,使之穿过大气时能再聚焦到目标上。(8)在照明激光连续跟踪,信标光和自适应光学连续校正畸变的情况下,瞄准系统完成对目标瞄准点的选择和对主激光的瞄准控制,向目标发射杀伤激光,并保持一定时间,直到摧毁导弹。

5 结束语

(1)机载激光武器是一个自主的作战系统,它集捕获、跟踪、瞄准、火力控制和射击于一身,因此难于

干扰或破坏其作战信息链。(2)机载激光系统采用主动照明的光系统对来袭导弹进行精确跟踪,演示证明其跟踪精度高达 $0.1\mu\text{rad}$ 。它能通过 BM/C⁴I 系统向战区内的其它武器系统提供有关目标速度、仰角和可能的弹着点的精确信息,从而形成十分有效的多层防御系统。(3)机载激光的跟踪照明激光系统采用了全新的技术。高重复率的 kW 级二极管泵浦 Yb YAG 激光器,能跟踪和锁定瞄准点,并有足够的功率满足系统对信号的需要。而特别研制的高帧速,低噪声和超灵敏的 EB CCD 相机,能满足对成像帧频和灵敏度的苛刻要求,以高分辨力检测出从几百公里外反射回来的微弱光信号。

参 考 文 献

- [1] Airborn Laser Focus, 2001, 9/10: 2.
- [2] Wall R. AW & ST, 2001-08-13: 55.
- [3] Bennett J. Inside Missile Defense, 2001-05-02: 1.
- [4] Adams J. Airborne Laser, 1999-09-21: 1.