

一种简易的多重全息术

董大兴, 李培宁, 林有义

(南京航空航天大学理学院, 南京 210016)

摘要: 在全息照相实验光路的基础上, 通过调换扩束镜与反射镜的位置, 改变反射镜角度可以得到多重全息图. 实验结果与理论分析基本吻合.

关键词: 多重全息; 旋转透镜; 多参考光

中图分类号: O438.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-4642(2008)03-0006-03

1 引言

多重全息是光学全息的重要组成部分, 和全息照相基本上同步发展, 由于多重全息能充分利用全息记录并记录介质的特性, 又可以和一般全息照相技术一样演变成其他类型全息术(如多重夹层全息、相位全息等), 使这种技术广泛应用在全息干涉计量、动态信息存储、光学信息处理等方面, 因此受到特别关注和重视^[1].

拍摄多重全息图可以使用多种方法, 编码参考光记录是其中之一. 早在 1981 年 Kulkarni 等人就提出用平行光通过正交光栅的衍射光束实现多参考光编码, 1986 年陈颜改进 Kulkarni 等人的方法, 实验了多通道全息干涉计量. 1992 年以后, 又有用旋转光楔调节平行参考光编码记录的多重全息术和全息干涉计量术^[2-3]. 这些方法都在一般全息照相实验光路中附加一些光学元件才能实现.

本文介绍的多重全息术, 仍是一般全息照相实验光路, 不改变光路系统或增加光学元件, 仅仅在参考光路中将扩束镜和反射镜放置次序交换, 即参考光是先扩束后再反射形成, 调节反射镜就可实现多参考光编码记录获取多重全息图. 这是一种易于推广应用的多重全息术.

2 原理

实验光路如图 1 所示, 入射光经分束镜 B 分光, 一束通过 L_1 扩束后照射到物体 O, 形成物光,

另一束经 L_2 扩束后再经 K 反射形成参考光, 并与物光干涉形成多重全息图. 其中经过反射镜 K 反射的参考光波, 可以看作是由其像点发出的球面波.

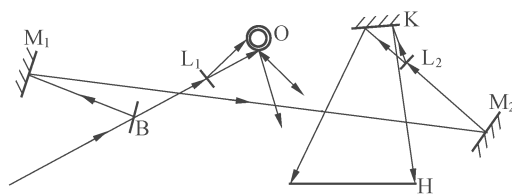


图1 实验光路

以平行于图 1 内 M_2 所在面的任意平面为 (x, y) 面建立如图 2 所示的坐标系, 反射镜 M_2 的中心点 O' 在 Z 轴上. 物光为点光源 $O(x_0, y_0, z_0)$ 发出的球面波, 参考光看成反射镜 K 反射的光的像点 R 发出的球面波. M_2 可绕 X 或 Y 轴转动. 根据图 2 所取的坐标系, 假设 M_2 绕 X 轴转动, 未

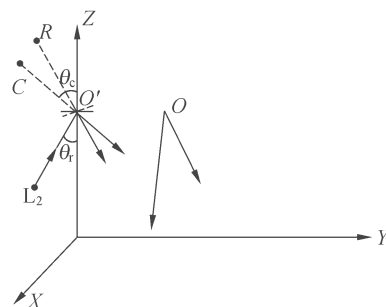


图2 记录坐标

收稿日期: 2007-10-24; 修改日期: 2007-12-29

作者简介: 董大兴(1981—), 男, 江苏宜兴人, 南京航空航天大学理学院助教, 硕士, 研究方向为光电子学.

扩束参考光在 (y, z) 面内入射, 则参考光 $R(x_r, y_r, z_r)$ 为

$$\begin{cases} x_r = 0, \\ y_r = r \sin \theta_r, \\ z_r = a + r \cos \theta_r. \end{cases} \quad (1)$$

式中: r 为 L_2 到 O' 点的距离 $O'R = O'C = r$, C 为再现光波的光源在 K 中的像点, a 为坐标原点到 M_2 中心之距. 转动 M_2 即改变入射角 θ_r , 获取多参考光编码记录.

同理, 当再现光波与参考光波波长相同时, 再现光波 $C(x_c, y_c, z_c)$ 可写为

$$\begin{cases} x_c = 0, \\ y_c = r \sin \theta_c, \\ z_c = a + r \cos \theta_c. \end{cases} \quad (2)$$

代入全息成像原理中的像点坐标 $(X_p, Y_p, Z_p)^{[4]}$

$$\begin{cases} Z_p = \left(\frac{1}{z_c} \pm \frac{\lambda_2}{\lambda_1 z_r} \mp \frac{\lambda_2}{\lambda_2 z_c} \right)^{-1}, \\ X_p = \mp \frac{\lambda_2 z_p}{\lambda_1 z_o} x_o \pm \frac{\lambda_2 z_p}{\lambda_1 z_r} x_r + \frac{z_p}{z_c} x_c, \\ Y_p = \mp \frac{\lambda_2 z_p}{\lambda_1 z_o} y_o \pm \frac{\lambda_2 z_p}{\lambda_1 z_r} y_r + \frac{z_p}{z_c} y_c. \end{cases} \quad (3)$$

即将(1)和(2)式代入(3)式, 因实际实验中 $z_r > z_o$, 故(3)式下面一组符号部分为再现虚像, 再现光波与参考光波波长相同, $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$, 则得

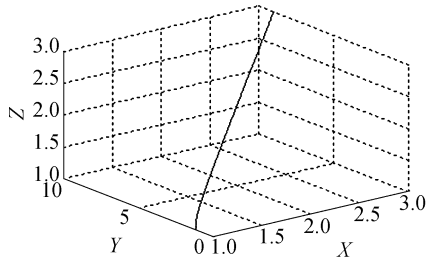
$$\begin{cases} Z_p = \frac{z_o}{1 - z_o \left(\frac{1}{a + r \cos \theta_r} - \frac{1}{a + r \cos \theta_c} \right)}, \\ X_p = \frac{x_o}{1 - z_o \left(\frac{1}{a + r \cos \theta_r} - \frac{1}{a + r \cos \theta_c} \right)}, \\ Y_p = \frac{y_o - z_o r \left(\frac{\sin \theta_r}{a + r \cos \theta_r} - \frac{\sin \theta_c}{a + r \cos \theta_c} \right)}{1 - z_o \left(\frac{1}{a + r \cos \theta_r} - \frac{1}{a + r \cos \theta_c} \right)}. \end{cases} \quad (4)$$

再现像轴向放大率为

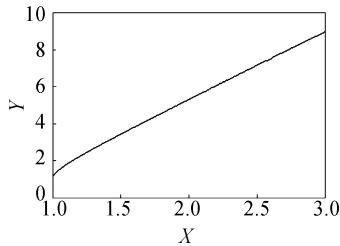
$$M = \left| \frac{dY_p}{dy_o} \right| = \frac{1}{1 - z_o \left(\frac{1}{a + r \cos \theta_r} - \frac{1}{a + r \cos \theta_c} \right)}. \quad (5)$$

可以看出 M 随 θ_r 改变亦发生变化.

实际实验中, 再现光波选为沿 Z 轴传播, $\theta_c = 0^\circ$, $a = z_o$, $r = 2z_o$, $-\pi/2 < \theta_r < 0$, 由(4)式可得到像点位置变化曲线, 如图 3 所示, 其中(a)是再现像在空间的轨迹, (b)为 (x, y) 平面上的投影, 可见所得再现像轨迹接近于线性变化.



(a) 三维坐标



(b) (x, y) 平面上的投影

图 3 再现像轨迹

3 实验

根据以上分析, 实验光路如图 1 所示. 反射镜角度 θ_r 沿一个方向改变了 2 次, 拍摄的较为清晰的三重全息图见图 4. 由图 4 可见, 多重再现像基本位于同一直线上, 并且随着 θ_r 改变, 轴向放大率也发生改变. 实验结果与理论分析基本吻合.

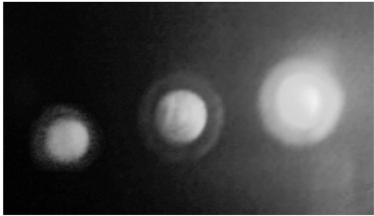


图 4 三重全息实验结果

在此基础上拍多重全息干涉图, 图 5 为方形铝板加载集中力载荷下 2 次曝光多重全息图.

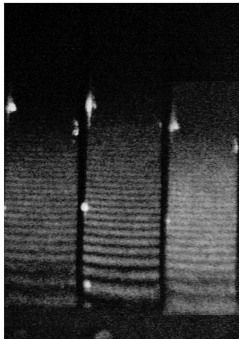


图 5 方形铝板加载集中力载荷下 2 次曝光多重全息图

4 结束语

实验结果表明,通过改变反射镜角度得到多重全息图,是一种操作简单且易推广的多重全息术,该方法相对其他多重全息术更易推广.实验中反射镜旋转角度如果改为自动控制,则该方法更为精确.本实验中再现像横向放大率随着反射镜角度的改变而变化,因此会出现失真情况,所以在某些需要按原比例再现场合下则应该采用其他多重全息术.

参考文献:

- [1] 赵志敏,林有义,严朝军. 一种新的多通道全息干涉计量术[J]. 南京航空航天大学学报, 1993, 12(6): 748-752.
- [2] 林有义,胡克莉,吴健南. 旋转光楔多重全息术[J]. 光学学报, 1992, 12(5): 437-439.
- [3] 高淑梅,陈浩,苗文华. 旋转光楔周视多重彩虹全息术[J]. 光电子·激光, 2002, 13(1): 68-71.
- [4] 陈家壁,苏显渝. 信息技术原理及应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 117-126.

A simple multiplex holography

DONG Da-xing, LI Pei-ning, LIN You-yi

(College of Science, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Based on the path of holography experiment, multiplex holography is obtained, which uses rotating mirror to record multiple hologram. The experimental results conform to the theoretical analysis.

Key words: multiplex holography; rotating mirror; multiple reference light

[责任编辑:任德香]

(上接第 5 页)

Optical ternary logic operations and optical encryption

YU Xin, PAN Yong-hua

(Department of Physics, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: According to optical binary logic operations in the $8f$ system, optical ternary logic operations are designed and realized based on the principle of θ modulation and spatial filtering. Two inputs are encoded by the gratings of different directions, and by using the method of spatial filtering twice to screen out part of the information of the two inputs separately, different outputs can be gained according to the different combinations of grating directions on the two input planes, and thus optical ternary logic operations and optical encryption can be realized. All the experiments and designs presented in this paper are verified by using the computer simulation with Matlab, and satisfactory results have been gained.

Key words: θ modulation; spatial filtering; optical computing; logic operation; optical encryption

[责任编辑:任德香]