

一种新的多通道全息干涉计量术^{*}

赵志敏 林有义 严朝军

(数理力学系)

摘要 旋转光楔多重全息术,是利用置于平面参考光波光路上的旋转光楔,调制其传播方向,实现多参考光编码记录获得多重全息图。当用平面波垂直入射再现时,就能从理论上分析出再现像的分布、分离条件及估算的通道数等。这种技术用在全息干涉计量上,就是一种新的多通道全息干涉计量术。

本文给出这种新技术在时间平均和双曝光全息干涉计量上的应用,并讨论了在单次曝光全息干涉计量(实时法)上的应用。实验结果说明,这种新技术是完全可行的。

关键词:全息干涉测量法,光楔,多重性,多重全息图

中图分类号:O438.11,O438.12

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地利用全息记录和记录介质的特性,又可以和一般全息照相一样演变成其他类型全息术,如多重夹层全息、位相全息等。特别是这种技术因能广泛应用在全息干涉计量、动态信息存储、光学信息处理等,而受到特别关注和重视。

获得多重全息图有许多方法^[1]。最早是利用全息记录的多重性,改变物光或(和)参考光相对于干版平面的入射方向,经多曝光记录而实现。续后是利用全息记录的冗余性,对记录介质进行区域编码记录的多重全息图。1981年 V. G. Kulkarni 等人提出用多参考光束编码记录多重全息术^[2],综合应用全息记录的冗余性和多重性是比较成功和实用的方法,多参考光束编码记录多重全息术的参考光是采用平行光通过正交光栅的衍射光,用一个二维可调光阑取不同级的衍射光与相应的物光一一对应记录而得到多重全息图。1987年陈颜在此基础上实现了多束参考光编码记录的多通道全息干涉计量术^[3]。但这种方法由于光路复杂,所需光学元件较多;重像(通道)数虽然较多,但不能任意选择;参考光强随所取的衍射级而变,曝光时间不易控制等不足之处因而不能得到广泛应用。

旋转光楔多重全息术^[4]克服了文[2,3]不足之处,且有操作简便,易于推广等优点。用旋转光楔多重全息术拍摄的多重全息图,若用平面波垂直入射再现,就可以根据制作多重全息图时的条件,从理论上分析再现像分布、像分离条件及估算的通道数等,为实现多通道全息

* 航空科学基金资助项目。

本文于 1993 年 3 月 1 日收到,1993 年 5 月 20 日收到修改稿。

干涉计量提供较为方便的条件。本文在此基础上实现了多通道时间平均和双曝光全息干涉计量术,并给出了相应的实测结果。

2 基本原理

根据文[4],若用旋转光楔多重全息术拍摄位于 (x_0, y_0, z_0) 处物体的多重全息图,经平面波垂直入射再现时,所有再现的原始像的中心坐标 (X_{Pi}, Y_{Pi}, Z_{Pi}) 由下式决定

$$\begin{aligned} Z_{Pi} &= z_0 \\ X_{Pi} &= x_0 + z_0 \cos \varphi_i \sin \theta_i \\ Y_{Pi} &= y_0 + z_0 \sin \varphi_i \sin \theta_i \end{aligned} \quad (1)$$

式中: $i=1, 2, \dots, n$ 为通道数; θ_i 表示第 i 个通道的平面参考波与 z 轴的夹角; φ_i 表示第 i 个参考波在 (x, y) 平面上的投影与 x 轴的夹角(如图1所示)。

式(1)说明所有再现的原始像均位于 z_0 平面,并分布在以 (x_0, y_0) 为中心的不同半径 $(z_0 \sin \theta_i)$ 的圆周上,即由式(1)得

$$(X_{Pi} - x_0)^2 + (Y_{Pi} - y_0)^2 = z_0^2 \sin^2 \theta_i \quad (2)$$

在以 $z_0 \sin \theta_{\min}$ 为半径的圆周上,所能容纳的直径为 D 的圆形物体的个数即为通道数 n 。

$$n \approx \frac{2\pi z_0 \sin \theta_{\min}}{D} \quad (3)$$

与之相应,再现像的分离条件可用光楔旋转的角增量 $\Delta\phi$ 表征,如图2所示。

从图3可以得出其分离条件为:

$$\Delta\phi \geq \frac{2\pi}{n} = \frac{D}{z_0 \sin \theta_{\min}} \quad (4)$$

根据上式,就可计算出通道数和分

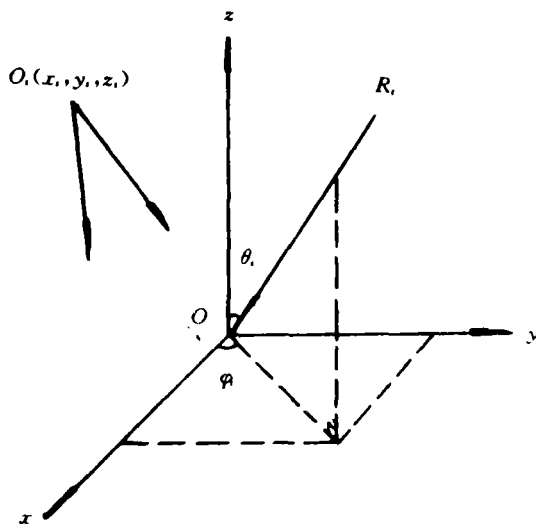


图1 多重全息光学系统坐标图

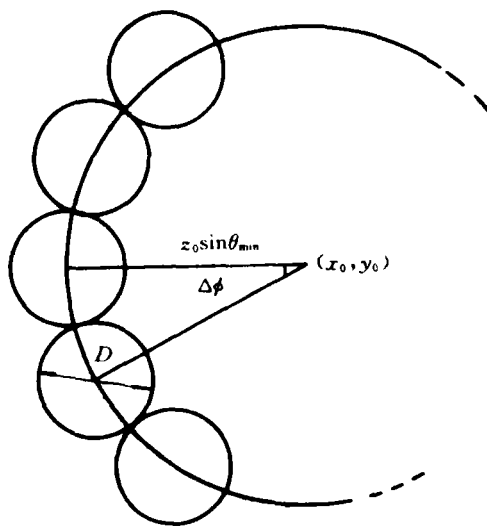


图2 通道数及再现像分离计算用图

离像条件。用不同通道记录时间平均全息图,通过再现就能同时观察振动体的不同振型。

如要对物体状态变化(设有 n 种状态)中的第 $i-1$ 和 i 两相邻状态进行比较,就需用 n 束参考光作 $2n$ 次曝光记录。各个通道分别记录了两相邻状态物光波的双曝光全息图,再现的多重像每一幅都是双曝光干涉图,其光强分布仍呈现出受余弦平方调制的干涉条纹图。

3 实 验

实验光路布置如图3所示。

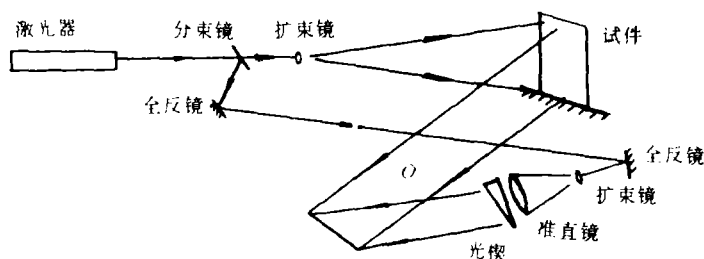
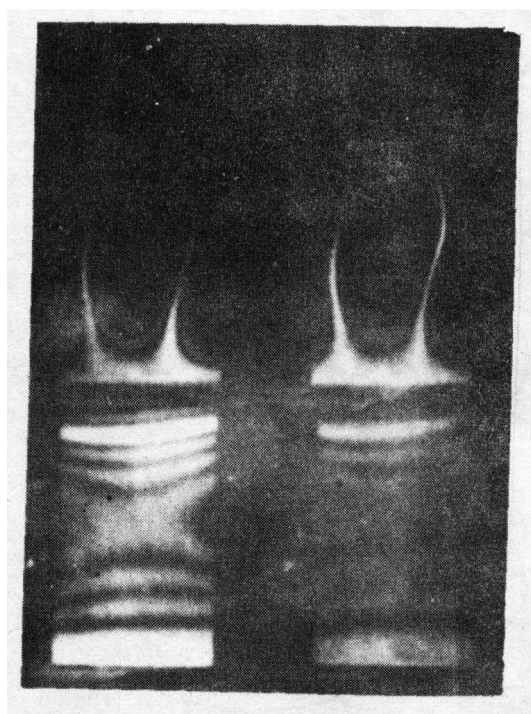
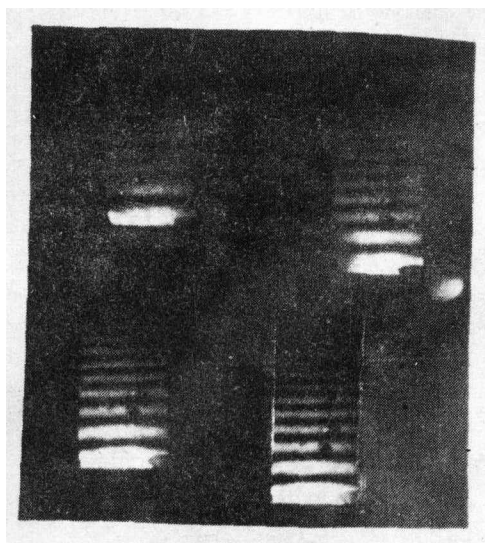


图3 多通道全息照相光路图



(a)



(b)

图4 四通道时间平均振型图

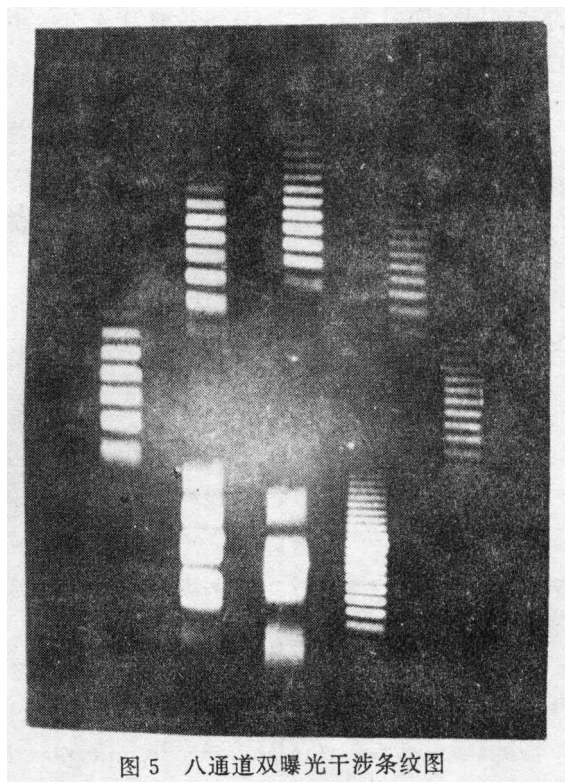


图5 八通道双曝光干涉条纹图

用一 $45\text{mm} \times 75\text{mm} \times 2\text{mm}$ 铝平板做试件,用4个通道记录了不同激振力的振型图。实验结果如图4所示。图4(a),记录的是振频为 4kHz 和 900Hz 不同激振力的振型图;图4(b)记录的是振频为 270Hz 并在相同激振力下的振型图。实验结果与一般的时间平均记录的结果是相同的,但它又具有在一张干版上可同时记录多种振型的特色。

图5是摄制的双曝光干涉条纹图。试件为一悬臂铝板,加集中力载荷。共记录了8种变形状态,制得的全息图有8个通道。从图5的最底部沿顺时针转向排列的条纹图,都是两相邻状态的干涉再现像,与之相对应的集中力载荷是依次增大的。图示的干涉条纹分布状况,与铝板所受力的大小是一致的。

4 结 论

实验结果说明,根据旋转光楔多重全息术,完全可以实现一种新的多通道全息干涉计量术。这种多通道全息干涉计量术,仍具有旋转光楔多重全息术的诸多优点。

这种技术也可以用来实现单次曝光全息术(实时法)。和一般的实时法相同,当多重全息图精确复位后,用与某一束参考光完全相同的光为再现光,这一通道就提供了供实时观察的“活条纹”,而其余通道仍可同时观察到双曝光和时间平均干涉图。为试件在同负载下变形的差异,或同变形状态时载荷的差别提供实时判别技术,也可为振动体在同振频下振型的差

异,或同振型时振频的差别提供实时鉴别方法。所以这种技术可以综合运用全息干涉计量术中各种方法,有广泛的应用前景。

参 考 文 献

- 1 考尔菲德. H T. 光全息手册. 北京:科学出版社,1988:122—125
- 2 Kulkarni. V G, Puntambekar. P N. Holographic multiplexing using multiple reference beams. Opt. 1981;28(12,12):1611—1617
- 3 陈 颜. 一种用多束参考光实现多通道全息干涉计量的方法. 中国激光,1987(2):92—95
- 4 林有义等. 旋转光楔多重全息术. 光学学报,1992(5):437—439

A New Multiplex Holographic Interferometry

Zhao Zhimin Lin Youyi Yan Chaojun

(Department of Applied Mathematics, Physics and Mechanics)

Abstract A rotating optical wedge multiplex holography is applied to the recording of the multiplex holograms by means of a rotating optical wedge in the plane reference beams in order to modulate the propagation direction and encode multiplex beams. When the hologram is reconstructed by the vertical incident plane beam, the theoretical analysis of the distribution, the separation and number of the reconstructed images can be obtained. The new technique is used in multiplex holographic interferometry.

This paper proposes the technical application of time—averaged and double—exposure holographic interferometry and discuss the application of single—exposure interferometry. The experimental results show that the technique is practicable.

key words: holographic interferometry, optical wedge, multiplicity, multiplex holography