第 12 卷 第 5 期
1992 年 5 月

光 学 学 报
ACTA OPTICA SINICA

Vol. 12, No. 5
May, 1992

旋转光楔多重全息术*

林 有 义
(南京航空学院物理系，南京 210016)

胡 克 莉**
(洛阳光电技术发展中心，洛阳 471009)

吴 建 南
(南京航空学院物理系，南京 210016)

提 要

本文提出一种新颖的多重全息术，它是利用旋转光楔调制平面参考波的传播方向，实现编码参考光记录获得多重全息图。该全息图经球面波再现，获得位于同一平面内的再现多重象。文中给出了这种方法的理论分析和实验结果，两者是吻合的。

关键词：旋转光楔，多重全息图。

一、前 言

多重全息术与全息照相几乎同步发展，早在 1965 年就有文献报道，它可用许多方法获得多重全息图[1]，编码参考光记录是其中之一。1981 年 Kulkarni 等人提出用平行光通过正交光栅的衍射光以实现多参考光编码记录[2]。1986 年陈颜改进 Kulkarni 等人的方法实现了多通道全息干涉计量[3]。但是，这种方法存在：(1) 光路复杂，所需光学元件较多；(2) 通道数虽然较多，但不能作任意选择；(3) 参考光光强随所取的衍射级而变，曝光时间不易控制等不足之处，而不能得到广泛应用。

本文介绍的旋转光楔多重全息术，是用一旋转的光楔调制平面参考波的传播，实现编码参考光记录。这种新方法克服了文献[2, 3]不足之处，且由于操作简单，便于推广应用。

二、基 本 原 理

编码参考光记录全息是将物光和参考光一一对应记录。设干版经 n 次曝光，每次记录的物光和参考光的复振幅分别用 O_i 和 $R_i(i=1, 2, \cdots, n)$ 表示，则总曝光量 E 为

$$E=\sum_{i=1}^{n}[|O_i|^2+|R_i|^2+O_iR_i^*+O_i^*R_i]t_i, \tag{1}$$

式中 t_i 为每次记录时的曝光时间，在线性记录条件下，该全息图的透过率为

$$\tau=\tau_0-\beta\sum_{i=1}^{n}[|O_i|^2+|R_i|^2+O_iR_i^*+O_i^*R_i]t_i。 \tag{2}$$

收稿日期：1991 年 7 月 15 日
* 航空航天科学基金资助的项目。
** 南京航空学院硕士研究生。

为简单起见，设物光为点源 $O_i(x_i, y_i, z_i)$ 发出球面波。在菲涅耳近似条件下，O_i 可写成

$$O_i = O_0 \exp[i\phi_{0i}(x, y)] = O_0 \exp[(ik/2z_i)(x^2+y^2-2xx_i-2yy_i)]。\tag{3}$$

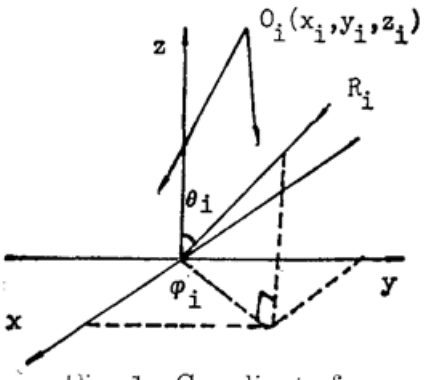

Fig. 1 Coordinate for recording

用旋转光楔调制平面参考波，可以同时采用 φ 和 θ 调制方式，由图 1，平面参考波 R_i 为

$$R_i = R_0 \exp[i\phi_{ri}(x, y)] = R_0 \exp[ik(x\cos\varphi_i + y\sin\varphi_i)\sin\theta_i]。\tag{4}$$

若用点源 $C(x_C, y_C, z_C)$ 发出的球面波为再现光波、与(3)式条件相同，再现照明光 C 可写成

$$\begin{aligned} C &= C_0 \exp[i\phi_C(x, y)] \\ &= C_0 \exp[(ik/2z_C)(x^2+y^2-2xx_C-2yy_C)]。\end{aligned}\tag{5}$$

再现时透过全息图的光波(略去无关的项和常数因子)为

$$\begin{aligned} T(x, y) = n(R_0^2+O_0^2)C + \{&O_0R_0C_0 \exp[i(\phi_{0i}-\phi_{ri}+\phi_C)] \\ &+ O_0R_0C_0 \exp[-i(\phi_{0i}-\phi_{ri}-\phi_C)]\}。\end{aligned}\tag{6}$$

将(3)、(4)、(5)式代入上式，得到所有原始象的位相组合为

$$\phi_{0i} - \phi_{ri} + \phi_C = (k/2Z_{pi})(x^2+y^2-2X_{pi}x-2Y_{pi}y),\tag{7}$$

$$\left.\begin{aligned} Z_{pi} &= (z_iz_C)/(z_i+z_C), \\ X_{pi} &= (x_iz_C+x_Cz_i+z_iz_C\cos\varphi_i\sin\theta_i)/(z_i+z_C), \\ Y_{pi} &= (y_iz_C+y_Cz_i+z_iz_C\sin\varphi_i\sin\theta_i)/(z_i+z_C)。\end{aligned}\right\}\tag{8}$$

一般情况是对同一位置上的物体作多曝光记录(如用在多通道全息干涉计量上)。即 $x_i = x_0$, $y_i = y_0$, $z_i = z_0$。在这种情况下，由(8)式可以看出，原始象均分布在同一平面上，并随 z_0 增加而远离全息图。由(8)式可得

$$\{X_{pi}[(z_0/z_C)+1]-[x_0+(x_C/z_C)]\}^2+\{Y_{pi}[(z_0/z_C)+1]-[y+(y_C/z_C)]\}^2 = z_0^2\sin\theta_i,\tag{9}$$

式中 z_0 及 (x_C, y_C, z_C) 在记录和再现光路确定后均为定值，所以原始象是分布在以 $[x_0+(x_C/x_0), y_0+(y_C/z_C)]$ 为中心不同半径 $(z_0\sin\theta_i)$ 的圆周上，即原始象的分布是不对称的。

由(6)式第三项中的共轭象的位相组合，可以得到表示共轭象中心位置及其分布情况的表示式。

三、实验结果及讨论

实验光路如图 2 所示，这是离轴全息照相系统。转动安置在参考光路中的光楔，即可改变平面参考波的传播方向，实现 φ 和 θ 调制。试件用一直径为 2.2 cm 硬币，经再现的原始象分布如图 3 所示，从图可以看出理论分析与实验结果是一致的。

应当指出，作多曝记录时干版各部分都接收物光波，但平面参考波受光楔大小的限制，使干版上每次记录的区域不完全重叠。因而这种技术实质上是综合利用全息记录的冗余性和多重性而实现的。干版各部分的曝光量也不是(1)式所确定的。其次，由于干版多次接收物光波必然会降低全息图的衍射效率，并增加再现象的噪声。

与其他编码参考光记录相比，旋转光楔多重全息术具有以下优点：

(1) 光路简单、所需光学元件少，易于推广应用；

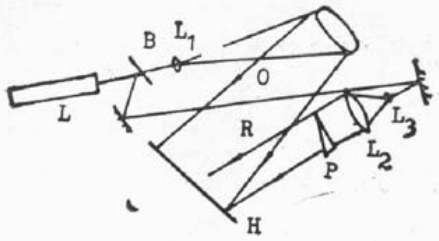

Fig. 2　Experimental light path

L—laser, *B*—beam splitter, L_1, L_2, L_3—lens, *P*—rotating prism

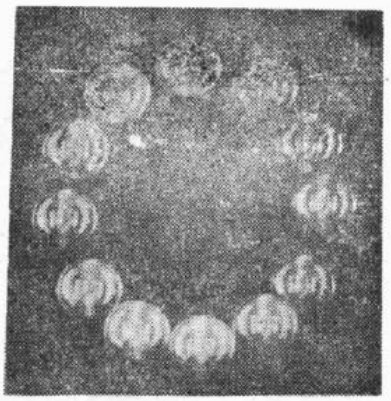

Fig. 3　Original images

(2) 转动光楔能同时实现 φ 和 θ 调制方式，调制方式灵活，操作方便；

(3) 由于参考光光强恒定，物光与参考光光强比不变，作多次曝光记录时间容易控制。

参 考 文 献

[1] H. T. 考尔菲德；《光全息手册》，(科学出版社，北京 1988)，122～125。

[2] V. G. Kulkarni, P. N. Puntambekar; *Opt. Acta*, 1981, **28**, No. 12 (Dec), 1611～1617.

[3] 陈　颜；《中国激光》，1986, **14**, No. 2 (Feb), 92～95。

Rotating prism multiplex holography

LING YOUYI

(*Department of Physics, Nanjing Aeronautical Institute, Nanjing* 210016)

HU KELI

(*Optoelectronic Technology Development Center, Luoyang* 471009)

WU JIANNAN

(*Department of Physics, Nanjing Aeronautical Institute, Nanjing* 210016)

(Received 15 July 1991)

Abstract

A new technique for multiplex holography is proposed in which all reference beams are encoded and recorded by means of a rotating prism to modulate the plane reference beams. The reconstructed multiple images are situated in the same plane by the reconstruction of the spherical beams. Theoretical analysis and experimental results are presented and the experimental results coincide exactly with those obtained in theoretical analysis.

Key words: rotating prism, multiplex holography.