

# 双凹面镜一步周视彩虹全息术

江朝川\* 张晓春

(重庆大学应用物理系, 重庆 630044)

郭履容 郭永康

(四川大学信息光学所, 成都 610064)

## 提 要

提出一种一步法周视彩虹全息术. 利用两个凹面反射镜作为成像系统. 无需严格的共轭再现及精确的复位对准过程. 便能一步记录获得可 360° 观察的平板彩虹全息图.

**关键词** 彩虹全息术, 周视, 凹面镜.

## 1 引 言

近期文献<sup>[1]</sup>报道的一种两步法周视彩虹全息图, 改变了以往平板彩虹全息图<sup>[2~3]</sup>倾斜照明、正对观察的传统模式. 这种全息图再现时, 人眼可沿倾斜于全息图一定角度的方向, 对再现像进行 360° 观察, 其效果类似于圆筒型全息图, 但后者制作过程繁琐复杂.

本文在文献<sup>[1]</sup>的基础上, 提出一种简便实用的一步周视彩虹全息方法. 其突出的特点在于整个记录过程只需一步完成, 较两步法省去了严格的共轭再现过程. 且勿需精确的复位及对准, 并对记录介质乳胶的涨缩没有要求, 因而易于获得满意的实验结果.

## 2 方法描述

本方法采用两面相对放置的凹面镜作为成像系统. 记录光路原理如图 1 所示, 图中  $M_1$ 、 $M_2$  为顶点处被开孔的两球面反射镜, 环状狭缝  $S$  置于  $M_1$  上, 物体  $I$  则置于  $M_1$  的焦点处, 照明光通过  $M_1$  的开孔射向物体, 物光经  $M_1$ 、 $M_2$  反射之后在  $M_2$  的焦点处成像. 同时, 狭缝  $S$  也被  $M_2$  成像于适当位置. 全息干板  $H$  放置于物像处, 参光从  $M_2$  的开孔引入, 垂直于  $H$  照明进行记录, 即得周视彩虹全息图.

再现时, 将  $H$  水平放置, 沿原参光方向用白光垂直照明 (如图 2 所示). 这样, 通过再现的弥散环状狭缝实像即可对再现像进行周视观察, 人眼在倾斜于全息图的方向可以观察到物体的任何侧面, 其观察效果仿佛物体置于全息图

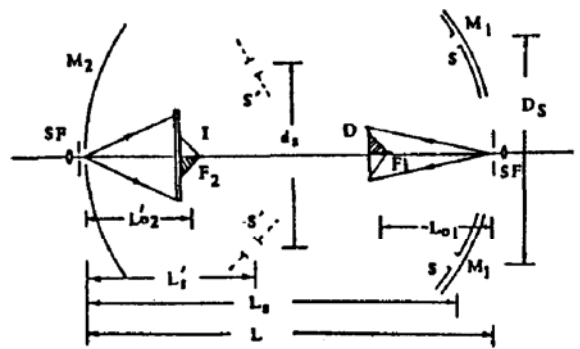


Fig. 1 diagram of recording the panoramic rainbow hologram

收稿日期: 1992 年 5 月 4 日; 收到修改稿日期: 1992 年 9 月 8 日

\* 现在广东东莞南方激光印刷有限公司 511700

上,立体感十分强烈.

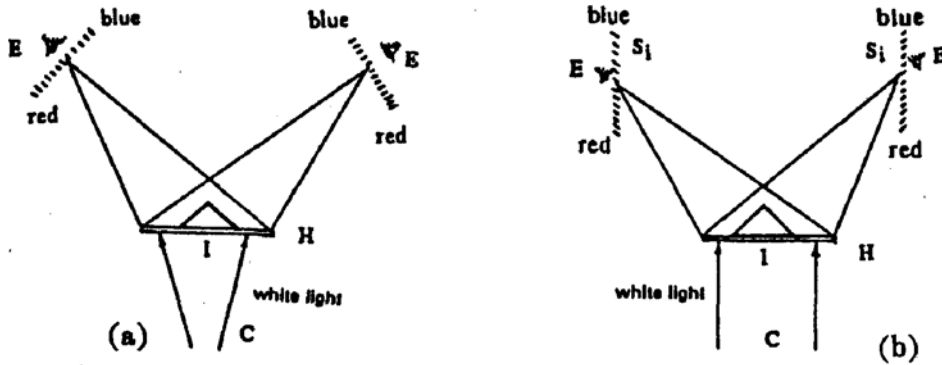


Fig. 2 White light reconstruction of the circle-viewing rainbow hologram

(a) divergent wave, (b) plane wave

需要注意与普遍彩虹全息术不同的是,本方法使用环状狭缝而不是直狭缝,因而形成的点基元全息图是环线状全息图而不是线全息图,但两者的作用是类似的,其物像关系也相同,只是本方法中参光和再现光正对全息图入射,  $x_R = y_R = x_C = y_C = 0$  而已.

另外,白光再现时,周视彩虹全息图再现的环状狭缝像的色弥散方向与全息图的相对位置也与普遍彩虹全息图不同,如图 2 所示.

### 3 记录光路的几何参量

由图 1 及图 3 所示几何关系,根据几何光学原理可知,若用圆环狭缝像孔径  $d_s$  对全息干板中心张角的一半来表示再现时的观察倾斜角  $\theta$  则有:

$$\theta = \text{tg}^{-1} \frac{d_s}{2 z_s} \quad (1)$$

另外球面镜,狭缝像和全息图孔径  $d_{M2}$ 、 $d_s$  和  $d_H$  之间应满足一定的几何关系(如图 3 所示). 由于再现时  $M_2$  孔径虚像的影响,在部分区域会产生渐晕现象,图中 I 区和 II 区为渐晕区,而 III 区为无渐晕区. 为避免渐晕的发生,物体应位于 III 区内,同时,全息图的尺寸  $d_H$  也不宜超出 III 区空间. 由图示几何关系可得  $d_H$ 、 $d_{M2}$ 、 $d_s$  三者之间的关系为

$$d_H = \frac{z_s}{L'_s - l_2} d_{M2} - \left( 1 - \frac{z_s}{L'_s - l_2} \right) d_s \quad (2)$$

此为  $d_H$  的最佳值.  $d_H$  大于此值时,由于  $d_{M2}$  没有增大,所以并不能增大 III 区空间;  $d_H$  小于此值时,则 I 区和 II 区空间增大, III 区空间减小,不能充分利用球面镜孔径.

此外,由图 3 所示几何关系还可得,物体在干板右边的部分(实像部分)应不超过底面直径为  $d_H$ , 高为

$$h = z_s - \frac{d_s}{d_{M2} + d_s} (L'_s - l_2) \quad (3)$$

的圆锥体空间范围,否则,也会发生渐晕现象.

为了有一个数量概念,这里给出一组实验参数. 设  $M_1$ 、 $M_2$  的半径和孔径分别为  $r_1 = -600$

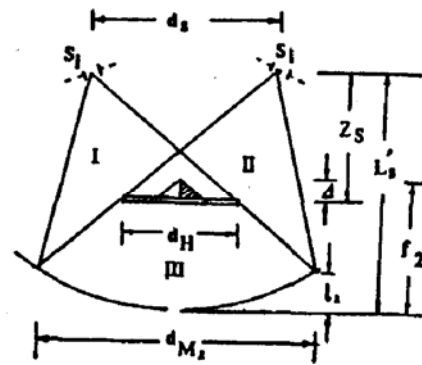


Fig. 3 relationship of the apertures of concave mirror M, hologram and image of ring-slit

mm,  $r_2 = 700$  mm,  $d_{M1} = d_{M2} = 650$  mm, 所以  $l_1 = 96$  mm,  $l_2 = 80$  mm. 取  $L_{01} = -300$  mm,  $L = 830$  mm,  $\Delta = 30$  mm,  $L_s = L - l_1 = 734$  mm,  $D_s = 640$  mm, 则由球面镜成像公式和(1)~(3)式可分别算得:  $L'_s = 670$  mm,  $d_s = 584$  mm,  $z_s = 350$  mm,  $d_H = 149$  mm,  $h = 71$  mm. 若用这组实验数据拍摄全息图, 观察时的倾斜角约为  $\theta = 40^\circ$ .

#### 4 实验及结果

鉴于条件限制, 实验所用两个球面镜的参数为:  $-r_1 = r_2 = 400$  mm,  $d_{M1} = d_{M2} = 380$  mm,  $l_1 = l_2 = 48$  mm.  $M_1$ 、 $M_2$  之间的距离为  $L = 515$  mm, 即  $L_s = 467$  mm, 环状狭缝 S 置于  $M_1$  上, 其宽度为  $W = 7$  mm, 直径为  $D_s = 360$  mm. 物体为一玩具小汽车, 其尺寸为  $50 \times 30 \times 22$  mm<sup>3</sup>, 置于  $M_1$  焦点以外, 顶点位于焦点处(见图 1). 这样, 可算得  $L'_s = 350$  mm,  $d_s = 270$  mm, 记录时, 让全息干板置于  $M_2$  焦点内 30 mm 处, 即  $\Delta = 30$  mm, 则  $z_s = 180$ . 又由(1), (3)式可得,  $d_H = 117$  mm,  $\theta = 37^\circ$ ,  $h = 55$  mm. 由于拍摄目标的宽度尺寸比较小, 因而在宽度方向 H 的尺寸可小于 117 mm 而并不会引起渐晕. 由上述数据我们用 He-Ne 激光和天津 I 型干板拍摄了面积为  $90 \times 120$  mm<sup>2</sup> 的周视彩虹全息图.

白光再现时, 在与全息图轴线成大约  $40^\circ$  的角度时, 可看到红色的再现象, 人眼上下移动, 则可依次看到从红到蓝的各色像, 当对全息图进行  $360^\circ$  周视观察时, 可连续看到物体的每一侧面, 实验结果令人满意. 图 4 为从不同方位拍摄的再现象照片. 由于本方法需用较大口径的球面反射镜, 因而光路布置时元件的固定安排有一定的困难.

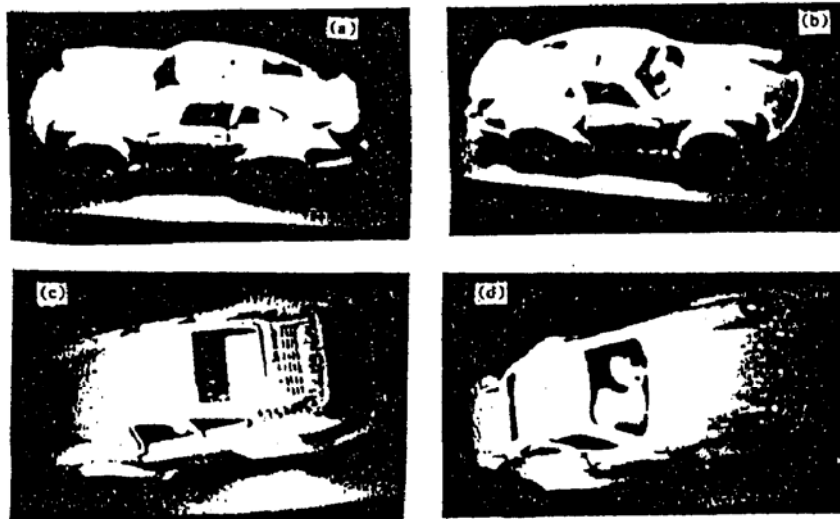


Fig. 4 pictures of reconstruction image photographed on the different viewing positions

#### 参 考 文 献

- [1] 王典民, 哈流柱, 王民草, 周视彩虹全息术, 光学学报, 1990, 10(11): 996~998
- [2] S. A. Benton, Hologram reconstructions with extended light sources, *J. Opt. Soc. Am.*, 1969, 59(10): 1545
- [3] H. Chen, F. T. S. Yu, One-step rainbow holograms, *Opt. Lett.*, 1978, 2(1): 85~87
- [4] L. Huff, R. L. Fusek, Color holographic stereograms, *Opt. Engng.*, 1980, 19(4): 691~699

## One step panoramic rainbow hologram with two concave mirrors

JIANG Chaochuan      ZHANG Xiaochun

*(Department of Applied Physics, Chongqing University, Chongqing 630044)*

GUO Lurong      GUO Yongkang

*(Information Optics Institute, Sichuan University, Chengdu 610064)*

*(Received 4 May 1992; revised 8 September 1992)*

### Abstract

One-step panoramic holography is presented. Two concave mirrors are used in imaging system to record the rainbow hologram with 360° viewing angle on a plane holographic plate. Compared with the two-step method, the prominent property of this method is without the processes of accurate conjugate reconstruction and precise registration.

**Key words** rainbow hologram, panoramic view, concave mirror.