

周视投影彩虹全息术

王典民 哈流柱 王民草
(北京理工大学工程光学系, 100081)

提要: 本文给出一种可周视观察的投影彩虹全息术, 分析了衍射像分离条件, 给出了两种实验光路, 并作了实验验证。

关键词: 周视, 投影, 彩虹全息术

Circular-viewing rainbow holography to reconstruct projective images of object

Wang Dianmin, Ha Liuzhu, Wang Mincao

(Optical Engineering Department, Beijing Institute of Technology, Beijing)

Abstract: A circular-viewing rainbow holography to reconstruct projective image of object is elaborated, the conditions for separating holographic images and illuminating waves are formulized, and two kinds of optical arrangements of recording process are described and verified by experiments. This technology is found to be suitable for holographic display of transparent objects.

Key words: rainbow holography, circular-viewing, projective

周视彩虹全息术^[1]是新出现的一种白光再现技术, 它从根本上解决了白光再现全息图的观察视角小的问题。本文利用周视彩虹全息术的原理, 给出了物体尤其是三维透明物体的周视投影彩虹全息图^[2, 3]的制作技术。

一、原理光路

由周视全息术^[1]的特点可知, 无论那种周视彩虹全息术, 其记录的原理光路都可归结为图1。

这样记录下来的全息图 H 在共轭再现时即可周视观察, 如图2所示。

由图1、图2不难看出, 若图1中环状狭缝作照明光源, 物点 O 为三维物体(二维透明片也可), 则由图2即可观察到物体 O 的投影再现像^[3], 因此, 图1、图2即给出了制作周视投影彩虹全息图的原理光路。

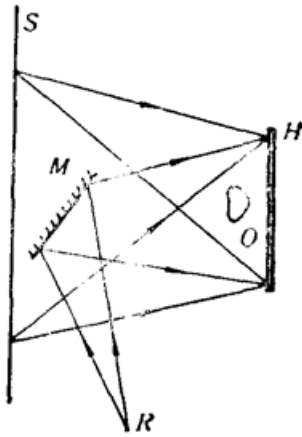


Fig. 1 Recording process of circular-viewing rainbow hologram

S —ring-shaped slit; M —reflective mirror; R —reference light point; O —object; H —holographic plate

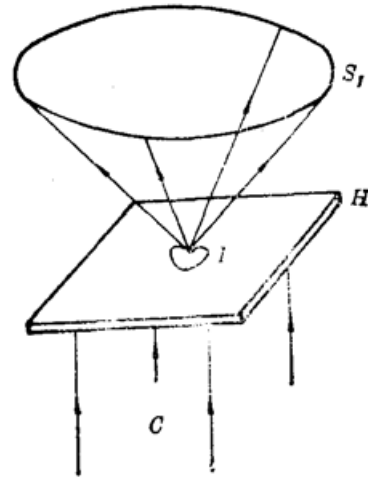


Fig. 2 Reconstruction process of circular-viewing rainbow hologram

C —illuminating wave; H —circular-viewing rainbow hologram; I —holographic image; S_I —image of ring-shaped slit S

二、理论分析

由图 1 可以看出,周视彩虹全息记录过程中,物光与参考光的夹角不易太大,因而,如何保证再现像与直透光相分离是周视彩虹全息术必须考虑的问题。

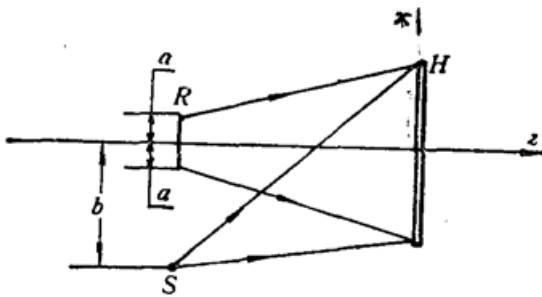


Fig. 3 Simplification of recording process

为了便于分析,把图 1 简化成图 3。图 3 中, R 为参考光波在狭缝 S 平面内的截面口径,其半径为 a 。 b 为环状狭缝 S 的内半径,显然,按图 3 共轭再现时衍射像与直透光分离的条件为

$$b \geq a \quad (1)$$

当考虑狭缝宽度 W 时,由于再现时狭缝像产生晕光^[4],因而分离条件变为

$$b - W \geq a \quad (2)$$

以上分析具有普适意义,为了应用于周视彩虹记录的各种情况,我们把(2)式的意义引伸即得:周视彩虹全息图衍射像与直透光分离的条件为:再现光波在再现环状狭缝像 S_I 平面内的截面半径 a 与再现狭缝像的内环半径 b 以及再现狭缝像宽度 W 之间必须满足(2)式。

利用类似于传统彩虹全息术的分析^[5],可以得到图 1 中环状狭缝的允许最大宽度 W :

$$W' = \frac{l_s}{l_I} \Delta H \quad (3)$$

(3)式中 ΔH 是人眼允许的最大像模糊量, l_s , l_I 分别为狭缝像与物体像到干板中心的距离, W' 是狭缝再现像的允许最大宽度,利用全息成像公式^[6]便可求出 W 。

三、实验光路与分析

根据原理光路图 1,可以有多种实验方案,这里仅给出有代表性的两类记录光路。

3.1 筒状反射镜法

与文献[1]不同,这里采用筒状反射镜只是为了获得环状照明光源,而无需复位再现,如图4。按图4实验时有几个实验技巧,一是大口径球面波可用大相对孔径负透镜与扩束镜结合来获得^[7],另外,为了克服信息单通道记录^[2]的问题,可在反射镜的反光部分加一层散光膜。因为筒状反射镜 *M* 的作用只是提供环状照明光源,所以它可用反射率较高的筒状散光物体(如无底白铁桶等)代替,同时它可以是圆筒也可以是棱柱筒。

显然图4中环状狭缝直径可以很大,因而利用图4可以记录大面积、大视场的周视彩虹全息图。有一点值得注意,此时的狭缝宽度 W_c 与理论分析中的 W 有一个对应关系,如图5。利用几何关系和数学推导有

$$W_c = \frac{d}{c+h} W = \frac{\sqrt{l_s^2 - c^2}}{c+h} W \tag{4}$$

此时对应的狭缝内环半径 b :

$$b = c - W \tag{5}$$

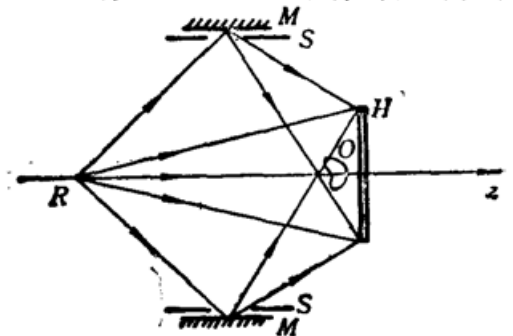


Fig. 4 Recording process of projective-image rainbow hologram

M—cylindric reflector; *S*—ring-shaped slit; *O*—object; *H*—holographic plate; *E*—light source

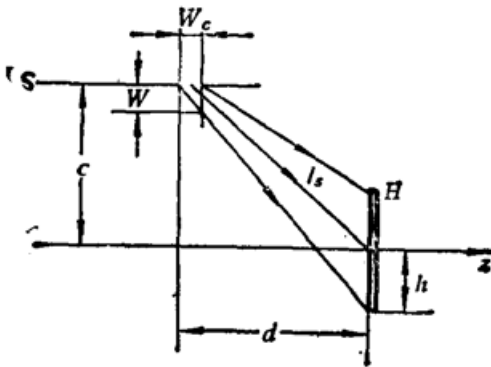


Fig. 5 Equivalent width of slit
S—ring-shaped slit, *H*—holographic plate

3.2 大聚光镜法

图6中, *L* 可采用大口径的菲涅尔螺纹透镜。

上述两种方法都可制作大面积大视场的周视投影彩虹全息图,但都存在以下不足:物体挡参考光,使得全息图中心部分没有衍射光,但当物体为透明物体(二维或三维)时,就消除了这点不足;另外,光能利用率都较低,但因为是记录投影全息,物体照明光直接照射在干板上,所以曝光时间并不太长。

最后,我们利用透明的小玻璃酒杯进行了实验,采用图6光路, *L* 采用口径 300 mm 的透镜,狭缝内径 250 mm,缝宽 3 mm,参考光点到干板中心 500 mm,狭缝距干板 200 mm,小酒

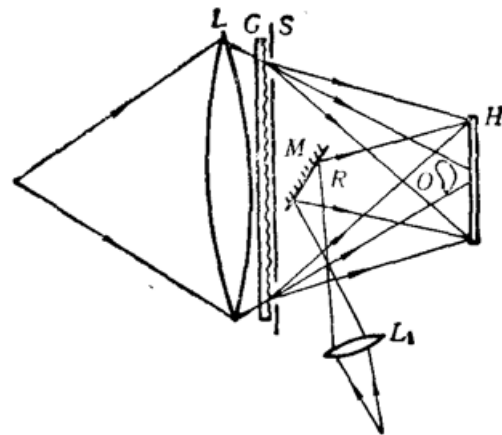


Fig. 6 Recording process of projective-image rainbow hologram

L—large-aperture lens; *G*—frosted glass; *S*—ring-shaped slit; *M*—mirror; *L*—lens; *R*—reference wave; *O*—object; *H*—holographic plate

杯贴在透明玻璃板上,一方面便于夹持,同时避免了夹持架挡光的现象。最后用 1000 mm 远的灯泡再现(参见图 2),得狭缝再现像距全息图中心约 500 mm,狭缝直径约 620 mm。制得全息图的面积为 $90 \times 100 \text{ mm}^2$,再现效果为全息图面是亮的,再现酒杯像是暗的,但其上有不少彩色花纹,经分析这是由于记录时狭缝照明光经酒杯的不同部分改变的方向不同,经过再现,衍射光不同程度地偏离原狭缝像位置,从而产生彩色花斑。

由实验结果看出,透明物体的投影彩虹全息图再现像有较普通彩虹再现像更奇特诱人的观察效果,这为透明物体(如透明艺术品)的全息展览提供了一种有效可行的方法。

本文的完成,得到了于美文教授的指导与帮助,在此深表感谢。

参 考 文 献

- 1 王典民 *et al.*, 光学学报 **10**(11), 996(1990)
- 2 王典民 *et al.*, 光学技术, (1), 2(1988)
- 3 谢敬辉 *et al.*, 光学学报, **8**(9), 824(1988)
- 4 于美文 *et al.*, 光学全息及信息处理, 国防工业出版社, 北京, 1984, 47~59
- 5 H. Chen, *Appl. Opt.*, **17**, 3290(1978)
- 6 于美文 *et al.*, 光学全息及信息处理, 国防工业出版社, 北京, 1984, 23