

周视彩虹全息术

王典民 哈流柱 王民草
(北京理工大学 工程光学系)

提 要

本文一改以往平板彩虹全息图垂直于全息图面观察的形式, 给出一种几乎平行于全息图面观察的周视彩虹全息图的制作技术, 这种全息图观察范围为 360° 最后给出了实验结果, 并作了讨论。

关键词: 全息术, 彩虹全息术, 周视。

以往的平板状彩虹全息图都是垂直于全息图面观察, 这样观察一般视角较小, 而且立体感程度也不够。本文给出一种周视观察的彩虹全息图面, 从而可以观察到物体周围的任何侧面, 大大地提高了立体感程度, 达到了用平板全息图实现圆筒全息图的再现效果。

一、原理光路

本技术分两步完成, 首先记录菲涅尔全息图, 光路如图1所示。图1中, MC 是圆筒状

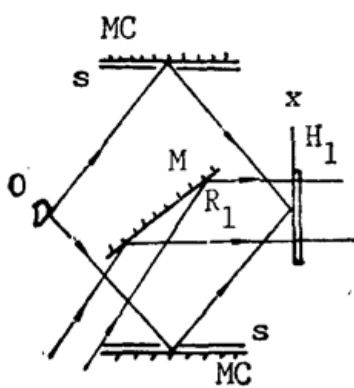


Fig. 1 Recording process of Fresnel hologram

O —object, S —slit, MC —cylindric reflector, M —reflection mirror H_1 —reference wave of H_1 , H_1 —holographic plate

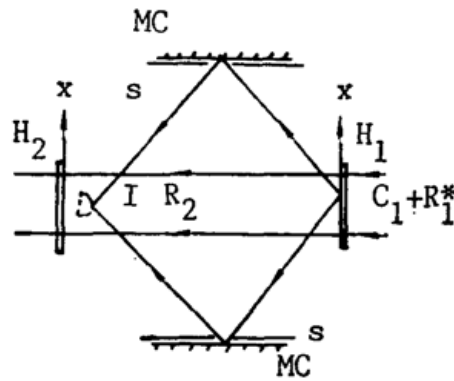


Fig. 2 Recording process of rainbow hologram

H_2 —Fresnel hologram, MC —cylindric reflector, S —slit, H_2 —holographic plate, I —holographic image, C_1 —illuminating wave of H_1 , R_1^* —conjugate wave of H_1 , R_2 —reference wave of H_2

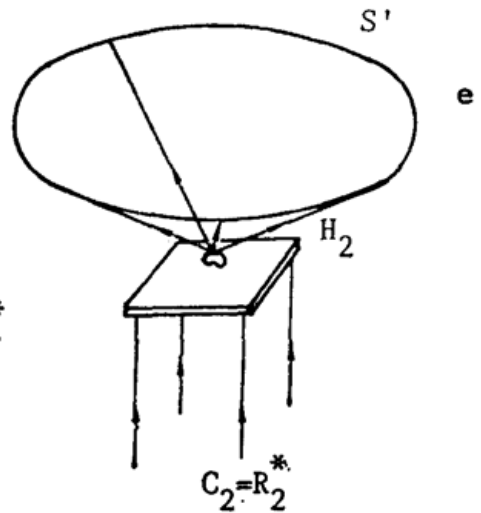


Fig. 3 Reconstructing process of rainbow hologram

H_2^* —rainbow hologram, S —holographic image of slit (S), e —eye, C_2 —illuminating wave of H_1 , R_2^* —conjugate wave of H_1

反射镜, S 为狭缝, 此时狭缝的形状为一圆环。狭缝的宽度可适当选择, 一般与普通彩虹全息图的狭缝尺寸相当。全息干板放置于相对于狭缝 S 与物体 O 对称的位置上, 注意使由反射镜反射的物光能全部照射在干板 H_1 上。

其次是记录彩虹全息图, 光路如图 2 所示。在图 2 中, MC 与 S 和图 1 中的 MC 与 S 是同一套设备, 而且 H_1 相对于 MC 准确复位, 这样才能保证再现出物体的准确像 (共轭像)。

再现时, 只要共轭再现 H_2 即得圆环状狭缝像, 从而实现周视观察, 如图 3 所示。当用白光再现 H_1 时, 将产生彩虹狭缝像, 而且再现光波 O_2 可以取为发散波^[1], 并不影响观察效果。

二、理论分析

在上述过程中, 只要能从理论上保证图 2 中由 H_1 与 MC 、 S 系统在 H_2 附近产生的衍射光波是物光波的准确共轭波, 则以上过程便是成立的。

设物光波为

$$O(x, y) = O_0(x, y) \exp[i\phi_0(x, y)]. \quad (1)$$

物光波在 H_1 左边的分布为

$$O_1(x, y) = O_{01}(x, y) \exp[i\phi_{01}(x, y)]. \quad (2)$$

由全息图的光路可逆性^[2], 当 $O_1 = R_1^*$ 时, 在 H_1 左边衍射光波中必含有 $O_1^*(x, y)$, 此时坐标系不变, 因而 $O_1^*(x, y)$ 的光波振幅分布与 $O_1(x, y)$ 的完全相同, 只是光的传播方向相反, 即 $O_1^*(x, y)$ 与 $O_1(x, y)$ 是共轭的。同样根据光学系统的光路可逆性, $O_1^*(x, y)$ 经 MC 、 S 系统之后光振幅分布与 $O(x, y)$ 的相同, 只是光的传播方向相反, 因而其位相因子差一个负号, 即出射的光波为物光波 $O(x, y)$ 的共轭波。这就证明了图 2 中 H_2 记录下了原始物光波的共轭波, 从而保证了图 3 中再现出的像为物体的正视像。

有关像差, 色模糊与像模糊的分析, 与以往彩虹全息图的分析完全类似, 只是二者的物光波与参考光波的位置相对互换了, 即以往的物光波几乎垂直于全息图面, 而现在的参考波是垂直于全息图面的。值得指出的是, 由于现在的狭缝在垂直于全息图面的圆柱面内, 所以此时狭缝宽度较之以前的允许取得更宽一些而不增加对应的色模糊或像模糊。

从上面分析可以看出, 圆柱面反射镜 MC 的形状与质量并不影响最后的再现效果, 因而可以任意选择 MC 。例如可根据实验条件, 选取棱柱面反射镜。

以上分析基于两点, 一是全息图 H_1 必须相对于 MC 准确复位, 另一是全息图 H_1 必须是线性记录, 同时全息图 H_1 的乳胶层在处理前后不应有收缩或膨胀。否则, 全息图的光路可逆性就不成立了。

三、实验结果及分析

本文作者采用直径 25 cm 的有机玻璃圆柱内贴反射膜进行了实验, 目标为一小酒杯, 采用天津 I 型干板, H_1 尺寸为 $9 \times 9 \text{ cm}^2$, H_2 尺寸为 $9 \times 9 \text{ cm}^2$, 最后用灯泡再现出实像, 从周

围观察时,如同酒杯置于全息图 H_2 之上一样,上下移动眼睛可以观察到不同色彩的像,而且四周都可观察到再现像。

我们发现再现像不够清晰,据分析有以下几点原因,照明灯丝尺寸,狭缝距离小,另外还可能由于复位不够准确的缘故。总的说来,再现效果是令人满意的。

四、小 结

本文巧妙地利用了反射镜,改变了以往垂直于全息图面观察的情形,实现了平板全息图周视效果。整个过程与以往圆筒全息图的制作相比,简单方便,而且,使全息显示的神秘感更加突出。这种技巧还可灵活地应用于其他类全息图(如菲涅尔全息图和反射全息图)的制作。另外,把此技术与真彩色全息术^[3]以及消色差全息术^[4]结合起来,可以制作更有显示价值的全息图。

本文的完成得到于美文教授和张静芬博士的帮助,在此深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 于美文等;《光学全息及信息处理》,(国防工业出版社,北京,1984),20.
- [2] R. J. 科利尔等;《光全息学》,(中译本,机械工业出版社,北京,1983),§ 13.1, § 13.2.
- [3] F. T. S. Yu; 《*Optical Information Processing*》, (John Wiley & Sons, New York, 1982), § 12.3.
- [4] 范诚,于美文;《光学学报》,1989, 9, No. 6 (Jun), 527~532.

Circular-viewing rainbow holography

WANG DIANMIN, HA LIUZHU AND WANG MINCAO

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

(Received 16 April 1990)

Abstract

Completely differ to common plate rainbow holography, a circular-viewing rainbow holography which is viewed in the direction approximately parallel to the holographic plate is elaborated. The viewing-angle of this rainbow hologram made by this technique is 360° . The experimental result and its analysis are presented.

Key words: holography; rainbow holography; circular-viewing.