

# 全视场彩虹-反射全息图

国承山 李义钟

(山东师范大学物理系, 济南)

**提要:** 提出了一种摄制全视场彩虹-反射全息图的简单方法。通过在被记录物体的侧后方放置一反射镜来完成全视场记录。该法减少了曝光次数及所需主全息图的数目, 也不需精细地对准调节装置。

**关键词:** 全息术, 全视场

## Full field-of-view rainbow reflection holograms

*Guo Chengshan, Li Yizhong*

(Department of Physics, Shandong Teachers University, Jinan)

**Abstract:** A simple method is proposed for obtaining full field-of-view rainbow reflection holograms in which a reflector is located at the back side of the object. By this method, the exposure times and the number of master holograms can be decreased, and the principle of this method and the related experimental results are presented.

**Key words:** holography, full field-of-view

## 一、引言

通常, 获得全视场全息图的方法主要有柱面全息法<sup>[1]</sup>和合成全息法<sup>[2]</sup>。但是, 柱面全息受到记录胶片大小和光路的限制, 难以用于较大尺寸的物体; 合成全息的制作过程则非常烦琐, 并且视场是不连续的。

1970年, George<sup>[3]</sup>提出了一种用平面全息干板制作近似的全视场全息图的方法。这种方法是简单易行的。后来, Hariharan<sup>[4]</sup>将这种方法应用到彩虹全息中制成了一种简单的白光再现全视场彩虹全息图; 但是, 它在再现时需要两个照明光源才能同时观察前、后两个视场。为了克服这一不足, 最近, Aggarwal<sup>[5]</sup>等人又提出了一种全视场彩虹-反射全息图, 只需要一个白光光源就可同时再现出物体前、后两个视场的明亮、清晰的像。但是, 记录过程中, 需要精细地调节对准装置, 并要首先分别记录两个主全息图, 最后还需要进行两次曝光。

我们提出了一种获得全视场彩虹-反射全息图的更为简单的方法。本方法只需要记录一个主全息图, 最后的记录过程也只需要一次曝光, 并且不需要精细地调节对准装置。

## 二、基本原理

全视场彩虹-反射全息图是通过把一个孔径受限的反射全息图 (RARH) 和一个透射彩虹

全息图(RH)沿相反方向同时记录在同一块平面全息干板上形成的。如果RH显示物体的前方视场, RARH就显示其后方视场。RH的制作可利用Benton提出的方法<sup>[6]</sup>,它包括两步记录过程。第一步是用通常的离轴全息技术记录物体的主全息图(MH);第二步过程中,首先用与原参考光共轭的光束照明MH,在MH上放置一个适当宽度的限制狭缝,在MH再现出的赝实像前放置全息干板,再次利用离轴全息技术就得到透射彩虹全息图RH。记录RARH的方法与上述透射彩虹全息记录方法类似,所不同的是在第二步记录过程中参考光的入射方向与物光的入射方向是相反的。可见,制作全视场彩虹-反射全息图的第一步是制作记录物体前后两个视场的主全息图MH。图1是记录主全息图的光路示意图。图中, $H_1$ 为全息记录干板; $R_M$ 为记录主全息图的参考光; $M$ 为一平面反射镜; $A$ 、 $B$ 分别表示物体的前、后两个物面; $S_1$ 、 $S_2$ 分别为照明物体 $A$ 、 $B$ 两面的激光束。由图1可见,用激光束同时照明物体前、后表面,并用一适当放置的全反镜 $M$ 将 $B$ 面的物光反射到记录干板上,这样,我们就能在一张干板上经过一次曝光同时将物体 $A$ 、 $B$ 两面的信息记录下来,这一全息图我们称之为全视场主全息图(FMH)。

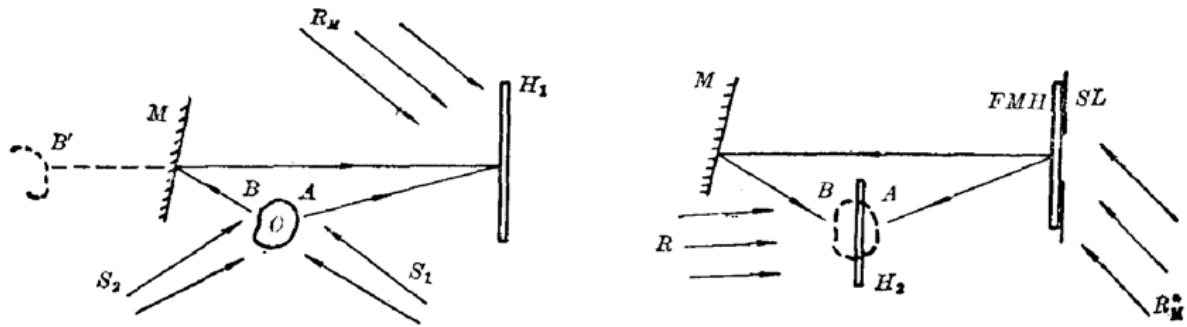


图1 记录全视场主全息图(FMH)的光路示意图。 图2 记录全视场彩虹-反射全息图的光路示意图

制作全视场彩虹-反射全息图的第二步记录过程如图2所示。将处理好的FMH放回原来位置,用与原参考光 $R_M$ 共轭的光 $R_M^*$ 照明FMH,则全息图产生的共轭物光沿原光路反向会聚到原物体所在位置形成物体的赝实像;将另一全息干板 $H_2$ 放在赝实像附近,引入另一束参考光 $R$ 进行全息记录。由图2可知,对应赝实像 $A$ 面的物光,记录光路构成反射几何,形成的是反射全息图;对应赝实像 $B$ 面的物光,记录光路则形成透射几何,形成的是透射全息图。考虑到FMH前放置的限制狭缝,它们就分别对应RARH和RH。这样,在全息干板 $H_2$ 上记录下来的就是全视场彩虹-反射全息图。当我们用与参考光 $R$ 共轭的白光照明该全息图时,在全息图的前、后方向就可分别看到再现的物像 $A$ 面和 $B$ 面;其中一面是以受限反射全息像的形式再现的,另一面则是以彩虹全息像的形式再现的。

### 三、实 验

根据上述原理,实际制作了全视彩虹-反射全息图。图3为我们实验所用的光路布局。首先,把光路中的 $M_1$ 和 $BS_2$ 拿掉,调整光路使记录主全息图FMH所用的参考光 $R_1$ 和准备用作再现光的 $O$ 成为互为共轭的光;然后再把 $BS_2$ 和 $M_1$ 放回到光路中所示位置产生照明物体的两束光。调整 $M_1$ 、 $M_3$ 和 $BS_2$ 使到达全息干板上的各路光尽量具有相等的光程;调整反射镜 $M$ 使 $B$ 面的物光不受阻碍地到达全息干板 $H_1$ 上;最后对全息干板 $H_1$ 曝光(干板 $H_1$ 由天

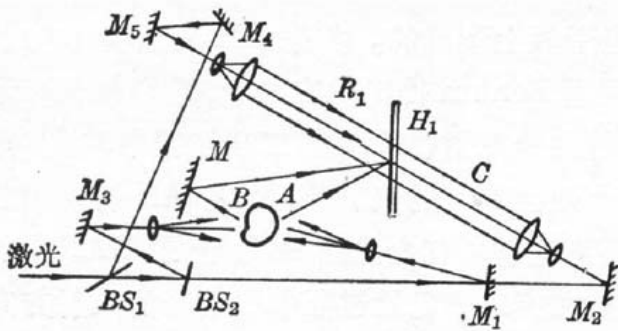


图 3 全视场彩虹-反射全息图第一步记录过程的实验光路

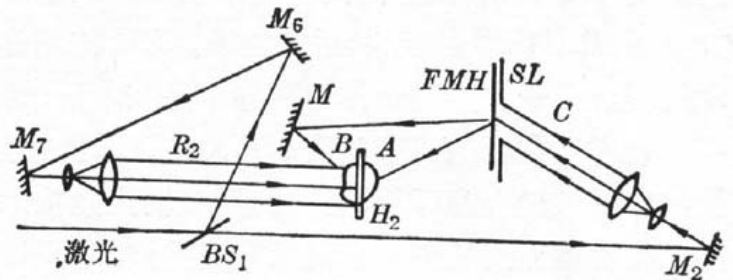


图 4 全视场彩虹-反射全息图第二步记录过程的实验光路

津感光胶片厂生产)。曝光后的干板用 D19 显影液显影, F5 定影液定影。

将做好的 FMH 再放回原来位置。为了达到较好的复位, 采用普通干板复位架。将图 3 光路稍作改动, 形成图 4 所示的第二步记录过程的实验光路。

但在改动过程中不要动  $M_1$ 、 $M_2$  和  $BS_1$ , 以使  $C$  保持与  $R_1$  共轭; 这样, 再现出的前、后两部分实像就不会发生错位。由图 4 可见,  $A$ 、 $B$  两部分物光的光程是不相等的, 这给记录带来不利。但是, 由于记录的物体较小,  $M$  离物体也比较近, 因此, 这一光程差可控制在允许范围内。为了更好地进行全息记录, 还把参考光  $R_2$  的光程调节到与物光的平均光程相等。

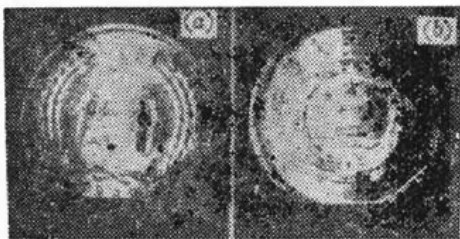


图 5 全视场彩虹-反射全息图前(a)后(b)两个视场的白光再现像

由于第二步过程同时记录了一个反射全息图和一个透射全息图, 因此, 这里用 8E75 型干板。在 FMH 前放置了一限制狭缝, 狭缝的宽度约为 1cm。

最后观察全视场彩虹-反射全息图时, 只需要一个与  $R_2$  方向相反的照明光源就可以了。如果照明光源为白光源, 在全息图前、后面就分别看到一个彩虹全息像和反射全息像。图 5 所示就是分别从全息图前、后面观察时看到的全息像前、后表面的黑白照片。

### 四、讨 论

1. 当把几个全息图叠加在同一记录干板上时, 对应每一个分全息图的衍射效率将降低, 降低的程度与记录方式是有关系的。如果是通过多次曝光的方式叠加的, 则每个分全息图衍射效率降低的因子是叠加数目的平方<sup>[7]</sup>。如果只是在一次曝光中同时记录了几个物体的信息(相干叠加), 则对应每个再现像的衍射效率降低的因子就等于叠加数目。因此, 上述的一次曝光法比文献[5]的两次曝光法在同样条件下能获得更好的衍射效率。

2. 由图 4 可见, 在第二步记录过程中, 经过反射镜  $M$  到达干板的物光总是要比直接到达干板  $H_2$  的物光的光程要长; 对于比较小的物体及反射镜  $M$  距离物体较近的情况, 该程差如果小于所用激光的相干长度, 我们可以用前面所述的通过调整  $R_2$  的光程来满足相干性要求。但是, 如果是较大的物体或反射镜不能离物体太近的情况, 程差就有可能大于激光的相干长度, 对于这种情况, 我们可以利用激光的时间相干性对光程差的准周期性特点<sup>[8]</sup>, 将该程差调节到等于所用激光器腔长的偶数倍, 这样也能满足全息记录对相干性的要求。但是, 由于镜面

(下转第 174 页)

多的可能性。

综上所述可以看出, 激光细胞融合方法是一种切实可行而又有效的方法, 它为生物新品种, 尤其是动物新品种的培育提供一种新的强有力的手段。

### 参 考 文 献

- 1 Kohler G. and Milstein L., *Nature*, **256**, 495(1975)
- 2 Schierenberg E. et al., *Develop. Bio.*, **107**, 337(1985)
- 3 Okada Y. et al., *Exp. Cell Res.*, **40**, 154(1965)
- 4 Kao K. N. et al., *Planta*, **115**, 355(1974)
- 5 Zimmermann U. and Vienken J., *J. Membrane Bio.*, **67**, 165(1982)
- 6 Zimmermann U., *Biochim., Biophys. Acta*, **597**, 637(1980)
- 7 Zimmermann U., *J. Membrane Biol.*, **53**, 33(1980)
- 8 汪和睦 et al., 生物化学与生物物理进展, (3), 52(1985)

(上接第 170 页)

$M$  离物体和干板远了, 镜面反射的物光的视场就要减小。为了避免视场的减小, 我们可以用大口径的球面反射镜来代替平面反射镜  $M$ 。由于在本方法的第二步记录过程中, 只要 FMH 复位良好及再现光  $O$  与  $R_1$  完全共轭, 共轭物光就将沿原光路返回, 因此该共轭物光经过球面反射镜的补偿, 最后会聚成与原物面  $B$  全同的虚实像。调节光路可使光程  $OGB$  和  $OA$  之差恰为所用激光器腔长的偶数倍, 同样能获得较好的全息图。

本工作得到林典要教授和于洛平老师的支持, 何源老师在实验方面给予了帮助, 在此深表谢意。

### 参 考 文 献

- 1 T. H. Jeong et al., *J. Opt. Soc. Am.* **58** (9), 1263 (1966)
- 2 R. J. Collier et al., *Optical Holography* (Academic Press, New York, 1971), p.533
- 3 N. George, *Opt. Commun.*, **1** (6), 457 (1970)
- 4 P. Hariharan, *Opt. Eng.*, **16** (5), 520 (1977)
- 5 A. K. Aggarwal, S. K. Kaura, *Opt. and Laser Tech.*, **19** (4), 209 (1987)
- 6 S. A. Benton, *J. Opt. Soc. Am.*, **59** (10), 1545 (1969)
- 7 R. J. Collier et al., *Optical Holography* (Academic Press, New York, 1971), p.514
- 8 葛万福, 熊秉衡, 光学学报, **5**(7), 600 (1985)