

# 再现实像的大视角菲涅尔全息图的制作

王典民 哈流柱 王民草

(北京理工大学工程光学系, 100081)

**提要:** 本文给出一种大视角菲涅尔全息图的制作方法, 由此法制得的全息图可再现出物体的正视实像。此法整个过程无需大孔径透镜, 而且再现像无任何畸变。文中给出了原理性实验结果。

**关键词:** 全息术, 菲涅尔全息图, 实像

## Technique for making Fresnel hologram to reconstruct large-viewing-field real image

Wang Dianmin, Ha Liushu, Wang Mincao

(Optical Engineering Department, Beijing Institute of Technology)

**Abstract:** A technique for making Fresnel hologram is presented, which can produce real hologram image of large-viewing-field without any large-aperture lenses, and the hologram image produced has no distortion. The results of experiment are also given in the paper.

**Key words:** holography, Fresnel hologram, real hologram image

在全息显示中, 为了获得物体的正视实像, 常采用两种方法, 一是利用成像透镜(如图1), 一是利用两步全息记录法。当照明光  $C=R$  时, 显然只有在图1中全息图  $H$  右侧的阴影区域才能观察到完整的物体像, 可见观察范围很小, 要增大观察范围, 则必须加大透镜的相对孔径和孔径, 而这一点是不易做到的。

利用两步法获得物体正视实像的过程就是把菲涅尔全息图的再现像记录下来<sup>[1]</sup>, 再进行共轭再现, 这样制得全息图的再现实像的观察范围也不大。要增大观察范围, 则必须使物体靠近全息图或加大全息图的尺寸。使物体靠近全息图, 一来物体不易照明, 另一方面两次记录时的参考光也都不易照射。加大全息图面积, 则需大孔径的会聚波来再现实像, 从而势必要求大孔径的透镜, 而这正是不易实现的。

总之, 以上两种方法都不能获得大视角的直视实像, 这也正是物体实像显示较虚像显示出现得少的主要原因。本文利用全息图光路可逆的性质<sup>[2]</sup>, 给出了一种简便易行的再现小物体直视实像的大视角菲涅尔全息图的制作方法, 其原理如图2、图3所示。这样记录的结果, 可获得很大观察范围的再现实象, 如图4所示。

全息图  $H_2$  再现后, 在图4中的阴影区域内都可观察到完整的再现直视实象, 只要物体位于靠近圆柱面反射镜的口部, 其观察角度范围  $\alpha$  理论上可接近  $180^\circ$ 。可见, 图2、图3记录光

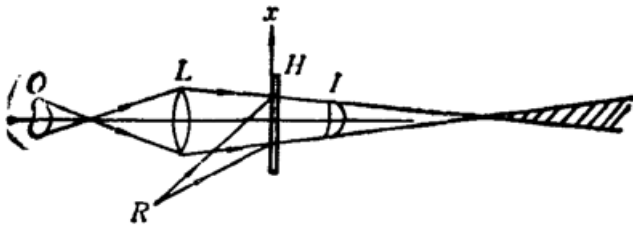


Fig. 1 Recording process of Fresnel hologram by image lens

O—object; I—image; L—Image lens; R—reference wave; H—holographic plate

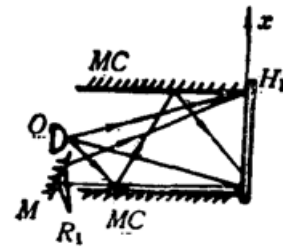


Fig. 2 First-step recording process

O—object; E<sub>1</sub>—reference wave; M—plane mirror; MC—cylindrical reflecting mirror; H<sub>1</sub>—holographic plate

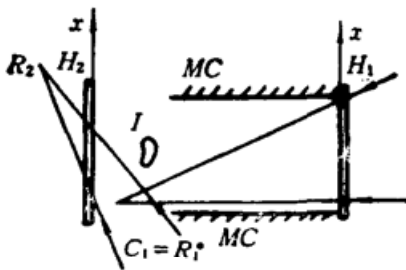


Fig. 3 Second-step recording process

C<sub>1</sub>—illuminating light source of H<sub>1</sub>; E<sub>1</sub>—conjugate reference wave of H<sub>1</sub>; H<sub>1</sub>—Fresnel hologram recorded in first-step; I<sub>1</sub>—pseudoscopic image of H<sub>1</sub>; H<sub>2</sub>—holographic plate; R<sub>2</sub>—reference wave of H<sub>2</sub>; MC—cylindrical reflecting mirror

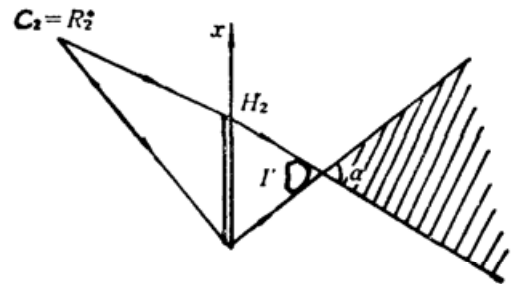


Fig. 4 Viewing field of real image

C<sub>1</sub>—illuminating wave of H<sub>1</sub>; E<sub>1</sub>—conjugate reference wave of H<sub>2</sub>; H<sub>2</sub>—Fresnel hologram; I'—real image

路中, 圆柱面反射镜的采用, 使得全息图 H<sub>1</sub> 记录下相当于它几倍甚至几十倍面积的全息图才能记下的物光波, 如图 5 所示。

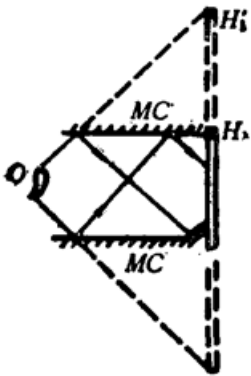


Fig. 5 Equivalent hologram H<sub>1</sub> of H<sub>1</sub>'

值得说明的是, 为了获得准确的无畸变的再现像, 必须保证全息图 H<sub>1</sub> 再现时相对于 MC 准确复位, 同时必须保证 C<sub>1</sub>=R<sub>1</sub><sup>\*</sup>, 另外还要注意防止全息干板处理过程中的乳胶层收缩并保证线性记录。此外, 根据实验室条件, 圆柱面反射镜可用平面反射镜片组成的棱柱面或棱台面反射镜代替, 甚至可用任何具有同等功能系统代替, 这并不影响再现像的特点。

我们进行了原理性实验, 其记录光路如图 6。

实验中, H<sub>1</sub> 沿 x 方向长 5 cm, 物至全息图 20 cm, M 沿 z 轴长 15 cm, H<sub>2</sub> 沿 x 方向长 8 cm, 距物体再现像 3 cm。最后用 C<sub>2</sub>=R<sub>2</sub><sup>\*</sup> 再现 H<sub>2</sub> 获得的物体实像观察角度 α 约 30°, 而在同样条件无反射镜时的观察角度 β 仅约 15°, 可见以上方法可大大地增大再现像的观察范围。

综上所述, 由本文方法可较容易地由小孔径透镜和小面积全息图获得大视角无畸变的再现像, 这种技巧也可灵活地运用于其它类全息图(如彩虹全息图和反射全息图)的制作。这种方法为物体的实像显示提供了一种简便实用的途径, 不难想象, 实像显示的采用将使全息显示更具魅力。

(下转第 190 页)

Table 4 The comparison between the factors of experimental curve and that of the correlation calculated with the recovered pulse

	Experimental results	Calculated with $I_{TR}(t)$	Calculated with $I_R(t)$
$W^{(2)}/W^{(3)}$	1.26	1.27	1.26
$W_1^{(3)}/W_1^{(2)}$	1.31	1.30	1.21
$\Delta^{(3)}$	0.7	0.73	0.79
$\Delta_1^{(3)}$	0.77	0.58	0.83
$W_1^{(2)}/W^{(2)}$	2.13	2.54	2.00
$W_1^{(3)}/W^{(3)}$	1.99	2.51	2.12

需要指出的是用上述方法恢复脉冲形状时,要求相关函数是光滑的,为此,对实测相关函数要进行平滑处理。如果计算级数较高,例如  $m \geq 3$ ,那么也要求每级近似结果都经过平滑后再代入(4)式求更高级近似。在实际的运算中,一般一、二级近似就能接近实际脉冲。

### 参 考 文 献

- 1 张肇源 *et al.*, 物理学报, **31**(2), 213(1982)
- 2 刘一先 *et al.*, 中国激光, **14**(1), 5(1987)
- 3 张包铮 *et al.*, 光学学报, **9**(8), 685(1989)
- 4 J. Etchepore *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-19**, 775(1983)
- 5 A. W. Smith *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **15**, 340(1970)
- 6 H. P. Weter *et al.*, *Phys. Rev. A*, **2**, 2074(1970)

(上接第 226 页)

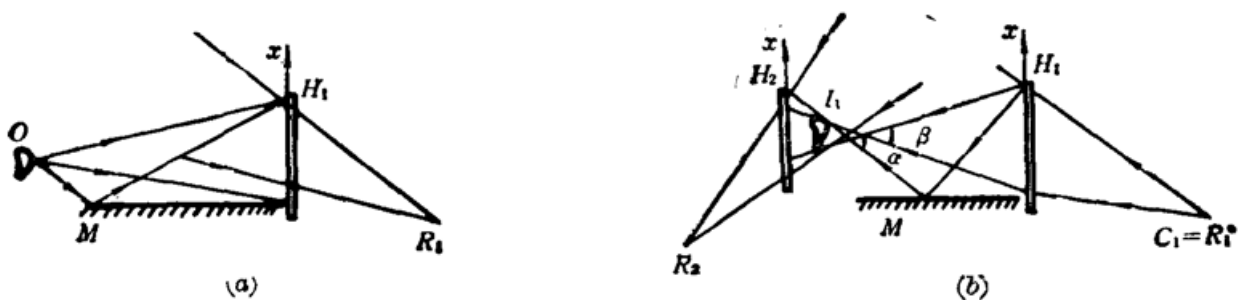


Fig. 6

(a) First-step recording process.  $O$ —object;  $M$ —plane mirror;  $H_1$ —holographic plate;  $R_1$ —reference wave (b) Second-step recording process.  $C_1$ —illuminating wave of  $H_1$ ;  $R_1$ —conjugate reference wave of  $H_1$ ;  $I_1$ —image of  $H_1$ ;  $H_2$ —holographic plate;  $R_2$ —reference wave of  $H_2$

### 参 考 文 献

- 1 F. T. S. Yu, *Optical Information Processing*, John Wiley & Sons, 1983, § 12.2
- 2 R. J. 科利尔, C. B. 伯克哈特等著, 盛尔镇, 孙明经译, 光全息学, 机械工业出版社, 1983, § 13.1, § 13.2.