

制造彩虹全息图的一种新方法

Abstract: This article introduces a simple method of making two-dimensional transparency rainbow-holograms. Using this method, a diffuse slit Fresnel hologram, called master hologram, can be made first. By means of master hologram, any necessary transparency rainbow-hologram can be produced simply by laser beam. All conditions for the experiments and the results are given in detail.

引言

Benton 于 1969 年提出的彩虹全息术以能用白光光源再现一个清晰、明亮、并且具有鲜艳的彩虹似色彩图象而吸引了人们的兴趣。这些优点是由于该类全息图在再现时能够在观察者的眼前同时再现一条狭缝象而获得的。随后为了简化记录系统, Chen、Yu^[1]以及 Grover 等人^[2]先后发表了有关文献。1984 年 R. D. Bahuguna 和 F. Mendoza-Santoyo^[3]提出了一种新方法, 他们采用基本一步无透镜几何法来制虹全息图, 这种方法适用于两维透明物并且很简单。

本文与文献[3]的不同之处是: (1) 将透明物放于主全息图前或后进行记录, 都得到同样令人满意的结果; (2) 主全息图采用稀释显影处理^[4], 能保证主全息图的象质又提高其衍射效率。

实验方法

我们先制一张只含狭缝象的主全息图 H_1 , 如图 1 所示, DS 是一宽度为 4mm 的水平狭缝, 经扩束的 He-He 激光束 \vec{a} 照射在 DS 上, DS 到记录干板(天津 I 型) H_1 上的距离为 50cm, \vec{r} 是会聚参考波, 与经 DS 狭缝衍射的波在 H_1 平面上干涉, 经曝光和处理后就形成主全息图, 利用 H_1 可制造任何所需透明物彩虹全息图。我们用二种方法进行实验。

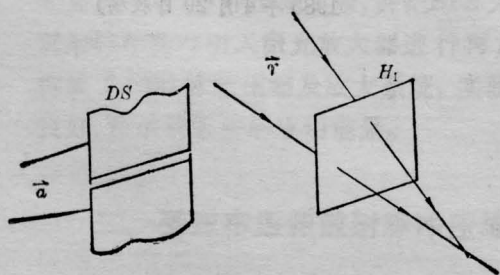


图 1

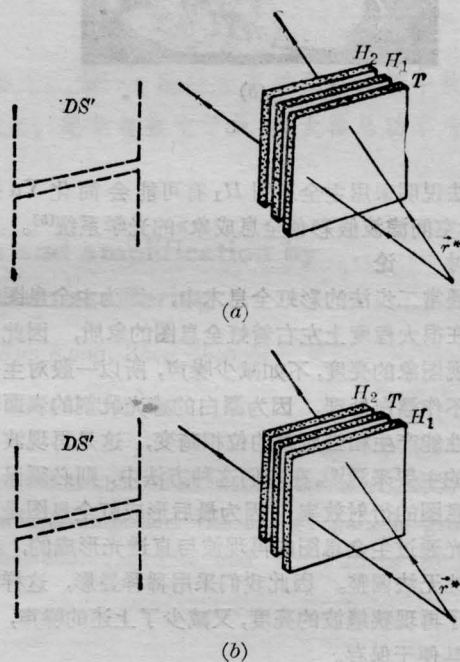


图 2

方法 1 的几何结构如图 2(a) 所示, 透明物 T (正片) 紧靠主全息图 H_1 之后, 记录板 H_2 安放在 T 后, 为了消除片基之间因接触所产生的干涉条纹, 三者之间分别以 0.5mm 的间距分开, 当用 \vec{r} 的共轭波 \vec{r}^* 照射 H_1 时, 带着 T 信息并含有狭缝实象 DS' 的再现波与 \vec{r}^* 的直透光在 H_2 上干涉形成所需虹全息图。 H_2 经显影、定影、漂白后, 用 15W 普通灯泡再现, 得到明亮、并且变动观察角度可看到红、绿、蓝的再现现象。图 3(a) 是用照相机翻拍的普通黑白相片。

方法 2 与方法 1 的不同点是将透明物 T 放于主全息图 H_1 之前, 几何结构如图 2(b) 所示, 得到的结果示于图 3(b)。与方法 1 所得结果没什么差别。但



(a)



(b)

图 3

此方法说明采用主全息图 H_1 有可能会简化 Yu 提出的《空间滤波假彩色全息成象》的光学系统^[5]。

讨 论

通常二步法的彩虹全息术中, 因为主全息图的象质在很大程度上左右着虹全息图的象质, 因此与其重视图象的亮度, 不如减少噪声, 所以一般对主全息图不作漂白处理。因为漂白的感光乳剂的表面不均匀性能产生相当显著的位相畸变, 这是再现波中噪声的主要来源^[6]。在我们这种方法中, 则必须保证主全息图的衍射效率, 因为最后形成虹全息图是由单束光通过主全息图的再现波与直透光形成的, 即光束比无法调整。因此我们采用稀释显影, 这样既提高了再现狭缝波的亮度, 又减少了上述的噪声, 并且使其便于保存。

由于白光重现时波长的扩展而产生象模糊量 $\delta_{\alpha\lambda}$ 与狭缝宽度 Δ 有如下的近似关系^[7]:

$$\delta_{\alpha\lambda} = Z_0 \left(\frac{D+\Delta}{L} \right) \quad (1)$$

其中 Z_0 为重现象到虹全息图的距离, L 和 D 分别为狭缝到虹全息图的距离和眼睛的孔径。

由于狭缝的衍射而引起的象模糊量 δ_D 与缝宽 Δ 有如下的近似关系

$$\delta_D = \frac{2\lambda(Z_0+L)}{\Delta} \quad (2)$$

其中 λ 为 632.8 nm。

从(1)式中可看出, 在我们的方法中由于物是二维的, 即 $Z_0 \rightarrow 0$, 对应的 $\delta_{\alpha\lambda} \rightarrow 0$; 在这种情况下, (2)式则可简化为 $2\lambda L/\Delta$, 显然, 它近似等于人们所熟悉的散斑的横向尺度。如果在记录面上人眼可清楚地分辨散斑, 那么再现现象也被噪声淹没, 显得模糊不清。为了使人眼不至于分辨散斑, 必须满足以下关系式:

$$\lambda/\Delta < 41' (=2.9 \times 10^{-4} \text{ rad})$$

即 λ/Δ 必须小于一般人眼实际上的最小分辨角。我们的实验 Δ 取 4 mm, λ 为 632.8 nm, 满足此要求。

在此实验中由于二维的再现现象也形成在干板面上, 所以全息干板的表面疵病以及各种相干噪声图案会同时观察到。这不利的因素只能在实验过程中尽量设法克服。

本工作在技术上得到谢树森和吕团孙老师的帮助, 在经费上得到关世荣、陈祖彬、徐慎初的赞助, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] H. Chen, F. T. S. Yu; *Opt. Lett.*, 1978, 2, No.1, 85.
- [2] C. P. Grover, H. Van Driel; *JOSA*, 1980, 70, No. 3, 335.
- [3] R. D. Bahuguna, F. Mendoza-Santoyo; *Opt. Lett.*, 1984, 9, No. 9, 381.
- [4] 赵霖等; 《物理学报》, 1981, 30, No. 1, 143.
- [5] F. T. S. Yu *et al.*; *Opt. Engin.*, 1980, 19, No.5, 666.
- [6] R. J. Collier; 《光全息学》, 机械工业出版社, 1983, 276, 260.
- [7] J. C. Wyant; *Opt. Lett.*, 1977, 1, No. 4, 130.

(福建师范大学激光研究所 刘 守)

1985年4月29日收稿)