

# 一步真彩色彩虹全息术

古平北

(华南师范大学量子电子学研究所, 广州 510630)

**摘要** 本文提出不必先拍摄主全息图而只利用彩色照片或图片的分色片和单波长激光, 根据加色法直接拍摄出能白光再现的真彩色彩虹全息图. 这种一步法适宜批量生产出低噪声、彩色还原性好, 高清晰度的真彩色彩虹全息图.

**关键词** 真彩色, 彩虹全息图

**分类号** TB877.1

为了拍摄真彩色全息图, 人们常常采用三种波长激光拍摄主全息图, 再现仍需用相应波长的激光<sup>[1]</sup>, 不易推广, 限制了它的应用范围. 近年来有人<sup>[2]</sup>用三种波长的激光拍主全息图, 然后用单波长激光再现, 拍摄第二张全息图. 但是, 由于再现激光波长与记录时激光波长不同, 易产生噪声, 对图象质量影响较大而且观察角度较小. 过去有人<sup>[3]</sup>曾利用分色片拍摄主全息图继而拍第二张全息图. 本文首次提出: 不必拍主全息图而直接利用彩色照片或图片的分色片和单波长激光, 按照色度学上加色法原理在光刻胶版上直接蚀刻出浮雕型全息图的一种记录方法, 易制作出真彩色彩虹模压全息母版, 它具有彩色鲜艳、噪声低、清晰度高, 观察角度大等特点, 可进行大批量生产.

## 1 原理分析

从印刷彩色学知道, 通常的彩色印刷系按照减色法原理利用网屏对彩色照片或图片进行电子分色, 分出品红、黄、青、黑四种颜色的正片, 它是由疏密不均的网点所构成的印版, 然后用不同颜色的油墨套印, 再现原稿的层次和色彩. 换言之, 减色法是在某一混色光中减去另外一种或几种色光而达到颜色变换的目的, 白光减去红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色后变成黑色(BL)(图1,b); 而在加色法中, 红、绿、蓝三基色相叠加得到白色(W), 投在白纸上的红(R)、绿(G)、蓝(B)三束光, 重叠部分则为黄(Y)、品红(M)、青(C)、白(W)各部分(图1,a).

彩色全息术所用的是加色法. 从色度学<sup>[4]</sup>可知, 根据颜色的视觉理论, 视网膜上有三种感光锥体细胞分别对红、绿、蓝(R、G、B)三种颜色敏感, 此三种颜色称为三原色或三基色. 格拉斯曼颜色混合定律指出, 通过红、绿、蓝三个原色相加混合可以得到许多不同的颜

收稿日期: 1994-10-06

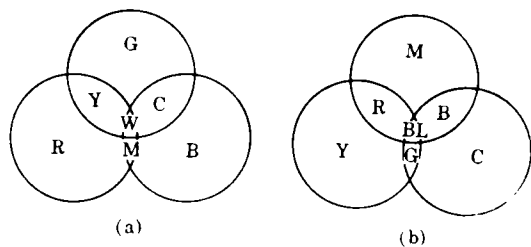


图 1 三基色原理图 (a)加色法,(b)减色法

Fig. 1 Principle of three base color

色.同时根据替代律,可以利用颜色混合方法来产生或替代各种需要的颜色.

1964 年 CIE 规定三原色为:红 645. 2nm, 绿 526. 3nm, 蓝 444. 4nm. 在 RGB 系统中标准白光 E 是三原色的光通量  $\Phi_R, \Phi_G, \Phi_B$  按一定比例混合而成. 由于全息照相中假彩色编码是利用光栅疏密不同和入射角不同,其光通量亦不同,从而达到在某一角度下出现彩色的原理,而且它是利用加色法来实现,则合成光<sup>[7]</sup>有

$$\left. \begin{aligned} K(\eta_1 P_1 x_1 + \eta_2 P_2 x_2 + \eta_3 P_3 x_3) &= 1/3 \\ K(\eta_1 P_1 y_1 + \eta_2 P_2 y_2 + \eta_3 P_3 y_3) &= 1/3 \\ K(\eta_1 P_1 z_1 + \eta_2 P_2 z_2 + \eta_3 P_3 z_3) &= 1/3 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(1)式中,  $K$  为常数;  $(x_i, y_i, z_i)$  代表三原色在色度图中的位置  $(i=1, 2, 3)$ ;  $\eta_1, \eta_2, \eta_3$  代表人的眼睛所感受到的亮度比率(因人而异);假定合成光或编码所用的波长为  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  则可得各色光的强度比.

按图 2 要求,依次将彩色照片或图片的分色片的负片(品红、黄、青)转变为高分辨率板(HRP)的正片.然后放进光路中同时必须注意改变参考光与干板(光刻胶版)法线的夹角  $\theta_r, \theta_g, \theta_b$  分别为<sup>[8]</sup>

$$\left. \begin{aligned} (\theta_0/\sin \theta_r)(\sin \theta_r + \sin \theta_1) &= \lambda_r \\ (\theta_0/\sin \theta_g)(\sin \theta_r + \sin \theta_1) &= \lambda_g \\ (\theta_0/\sin \theta_b)(\sin \theta_r + \sin \theta_1) &= \lambda_b \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中  $\lambda_0$  为记录激光波长;  $\theta_r$  为再现光入射角,  $\theta_1$  为一级衍射角,  $\lambda_r, \lambda_g, \lambda_b$  分别为红、绿、蓝三基色波长.此波长也是本文引进的编码波长.按上述方法记录的浮雕全息图,可在白光下再现并极易复制出工作镍版.

## 2 实验与结果

### 2.1 样品选择与制备

选用对比度高、画面清晰、色泽合适的彩色照片或更大尺寸的画面,最好选用画面(或照片)的正片,利用印刷学的减色法对其进行电子分色,得到黄(Y)、品红(M)、青(C)三种颜色负片,又根据颜色互补律,拷贝成红、绿、蓝三色的正色,这是全息照相需要的三基色正片.

### 2.2 实验条件与设备

按图 2 要求布置好光路.本实验中采用美国相干公司生产的 COHERENT 400—25 型

水冷式氩离子激光器为光源, 选用单模、单频(457.9nm)、输出功率 950mW. 图中  $R_1, R_2, R_3, R_4$  为  $\Phi 30\text{mm}$ , 波长  $\lambda=400\sim 700\text{nm}$ , 反射率  $>99.9\%$  的反射镜;  $R_5$  为抛物面反射镜,  $\Phi=250\text{mm}, f=300\text{mm}$ ;  $R_6$  为平面反射镜; BS 为光强连续可调的分束器;  $L_1$  为显微物镜  $0.4\times 10$ ; SFA 为针孔滤波器;  $L_2$  为柱面透镜;  $h$  为光栏. 全息记录介质为美国 EPA-914EZ 正性光刻胶, 采用离心法甩制在  $22\text{cm}\times 30\text{cm}$  玻璃板上, 胶层厚度  $2\sim 3\mu\text{m}$ , 放在图中  $H_2$  位置.

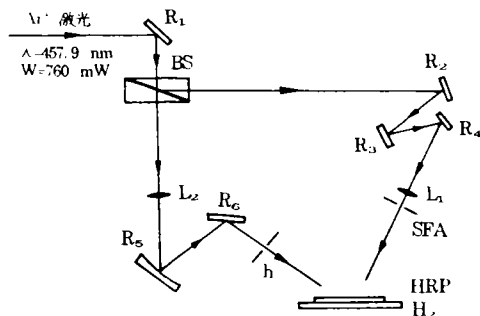


图 2 浮雕全息图记录装置

Fig. 2 The recording geometry of relief hologram



图 3 再现像的照片

Fig. 3 Photography of reconstruction image

### 2.3 全息图的记录

对图 2 中的光路进行调整, 恰当地调整物光和参考光的关系(本实验选用参物比为  $15:1$ ), 固定物光角度改变参考光与光刻胶版(即  $H_2$ )法线的夹角, 根据不同的画面颜色要求选择合适的曝光量, 经 3 次曝光即可在光刻胶版上记录下彩色图象, 用 AZ303A ( $4:1$  稀释, 稀释液为去离子水) 显影, 其后立即用去离子水冲洗并用经过过滤的压缩空气吹干, 即得到一张浮雕型全息图. 经过对光刻胶版金属化, 电铸等工序制成工作镍版, 将它安装在模压机上, 以每分钟  $15\sim 20\text{m}$  的速度可模压出大批量色泽鲜艳的真彩色彩虹全息图. 图 3 是真彩色彩虹全息图再现像的黑白照片(由于印刷原因, 无法印上模压全息图).

## 3 结 论

(1) 本文提出的利用二维分色片采用单波长激光拍摄浮雕型真彩色彩虹全息图的记录方法是可行的, 已被实验所证实, 模压出的全息图, 其彩色还原性好, 图象逼真, 可白光再现.

(2) 本文所述的记录方法是色度学原理和激光全息照相结合的产物, 亦是网屏分色技术在激光全息彩色图象上的直接应用.

(3) 运用本文所述方法, 不必拍摄主全息图, 仅用单波长激光能直接在光刻胶版上记录浮雕全息图, 所记录的图象噪声小, 色泽鲜艳, 可应用于商标, 防伪标识, 服装吊牌, 工艺品等方面, 现已在生产厂进行了批量生产.

## 参 考 文 献

- 1 R J 科利尔, C B 伯克哈特, L 林. 光全息学. 北京: 机械工业出版社, 1983
- 2 范诚, 江朝川, 郭履容. 一种新的真彩色彩虹全息术. 光学学报, 1991, 11 : 1632
- 3 蔡雪强, 柯重来. 真彩色模压全息图. 应用激光, 1992, 12 : 167
- 4 王之江. 光学技术手册. 北京: 机械工业出版社, 1987. 555~557
- 5 Indebetouw G. A new method of pseudo color equidensitometry. J Optics (Paris), 1978, 9(1) : 1~4
- 6 Smith S L, Cvetkovich T. Optics in Entertainment 2, SPIE, Vol. 462, 1984. 8~13
- 7 松下昭, 平井纪实. 全息照相的原理及实验. 北京: 科学出版社, 1988. 176~181
- 8 蔡铁权, 王辉, 姚晓刚. 二维彩色彩虹像面全息图记录的一种新方法. 光学学报, 1990, 10 : 656

## One—Step True Color Rainbow Holography

Gu Pingbei \*

**Abstract** A one—step procedure for shooting true colour rainbow hologram for white light reconstruction is described. The method is based on adding another laser light into an electronic separated colour plate of a colour photo or picture. The technique is shown to be low noise, high resolution and colour fidelity, which is suitable for mass production.

**Keywords** true color, rainbow embossed hologram

---

\* Quantum Electronics Institute, South China Normal University, Guangzhou 510630