

真彩色全息图的制造新方法

雷广东

(西安激光全息图像公司, 西安 710068)

摘 要 提出采用特殊制作的色编码板, 结合空间分离取样技术及彩色荧光屏发光混色原理和方法, 仅用单束光, 制造一般二维物体的真彩色全息图。文中还叙述了对应掩膜的制作方法, 及高质量色编码板的参数选取和制备方法。最后给出了实验结果。

关键词 真彩色全息图, 色编码板, 单光束。

自本顿(Benton)于1969年提出^[1]彩虹全息术能够白光再现以来, 全息术正朝着实用化方向发展; 特别是模压全息术的出现, 为大批量复制生产全息产品提供了途径。目前, 全息研究者已在白光再现模压彩虹全息图方面作了许多工作^[2], 推动了此领域的向前发展, 正为实现真彩色化全息术^[3]而努力。作者曾撰文论述了用单束光制作二元透射物彩虹全息图的可行性^[4]。本文进一步提出, 利用一特殊制作的色编码板, 采用单束光, 以及单一波长激光和单一记录材料, 记录制造一般二维物体的真彩色全息图。

1 原理与分析

1.1 制作原理

1.1.1 色编码板原理

色编码板是针对简化制作浮雕型彩虹全息图, 提高光能利用率而设计的一种辅助工具^[4]。由于在制作时已隐含了编码信息, 故可用单束光制作真彩色全息图; 只要对色编码板进行精确的设计和计算, 便可很方便地完成彩虹全息图像的真彩色化。其设计公式^[2]如下:

$$\sin \theta_R = (\lambda_0 / \lambda_r) (\sin \theta_l - \sin \theta_c) \quad (1)$$

式中 $z = (r, g, b)$, θ_R , θ_l , θ_c 依次表示参考光、再现像、再现主光线与 z 轴间的夹角, λ_0 为记录波长, λ 为再现像主波长。利用(1)式, 便可进行色编码套板的设计工作。如: 红色(r)编码板方程为:

$$\sin \theta_R = (\lambda_0 / \lambda_r) (\sin \theta_l - \sin \theta_c) \quad (2)$$

1.1.2 单束光编码原理

将制作的色编码板(以下简称 CCP), 如红色, 与其相对应的掩膜图叠置于图 1 所示的光路中。当用一束经扩束并准直的激光 R^* 照射色编码板时, 其直透光与再现光波同时被掩膜

信息所调制; 此时, 若用记录介质紧贴掩膜记录时, 便可获得新的全息图 H 。如果色编板再现光波中包含狭缝信息, 则用白光再现 H 时, 即可获得编码物体(即掩膜)的彩虹全息图。其过程描述如下:

设色编码板的透过率 $T(x, y)$ 为:

$$T(x, y) = t_0 + \beta'(OR^* + O^*R) \quad (3)$$

其中 t_0 、 β' 为常数因子, O 、 R 为物参光复振幅, 则色编码全息图 H 面上的复振幅为:

$$U(x, y) = R^*T(x, y)A(x, y) \quad (4)$$

式中 $A(x, y)$ 表示掩膜的复振幅透过率函数。将(3)式代入(4)式中得:

$$\begin{aligned} U(x, y) &= t_0R^*A(x, y) + \beta'O^*|R|^2A(x, y) \\ &\quad + \beta'O|R^*|^2A(x, y) \\ &= U_1 + U_2 + U_3 \end{aligned} \quad (5)$$

于是可见, $U_1 + U_2$ 形成 H 面上新的干涉。

1.1.3 真彩色再现原理

当用平行光照明色编码全息图时, 其再现的观察“窗口”位置为^[4]:

$$X_l = -Z_0[(\lambda_0/\lambda) \operatorname{tg} \theta_l + \operatorname{tg} \theta_R], \quad Z_l = -\lambda_0 z_0/\lambda \quad (6)$$

式中 (X_l, Z_l) 为再现“窗口”位置, Z_0 为原实际位置距中心坐标。这样, 根据(1)式求得的物参夹角 θ_R , 通过(5)式, 可以精确地调整三基色(红、绿、蓝)或所需色调各色的再现“窗口”于 θ_l 方向上, 从而实现拍摄目标的真彩色全息图。

1.2 物体掩膜的制作

在具体实施过程中, 对物体的掩膜化处理是成功的第一步。下面的论述主要侧重于对一般连续色度图的处理。

1.2.1 非连续色度图

目前对一类非连续色度图(如卡通图画等), 可以采用计算机系统进行处理。首先对设计原稿进行扫描, 其次用计算机分色区, 最后通过激光打印机按指令输出分色区图, 继而制作各色度掩膜。这中间, 须有强有力的计算机绘图应用软件支持。

1.2.2 一般连续色度图

对一般彩色图画, 已有根据色度图来调整三基色的控制方法, 制作其仿真全息图^[5]。为了获得高衍射效率的原彩色真实再现的全息图, 可以采用对原始图画进行空间分离取样, 制作其掩膜图。取样方法有多种, 本文采用电子分色机来完成这一过程。整个过程实质上仍是将连续画面转变成点状不连续体; 画面的层次及色调, 一是通过全息手段调节, 二是选择合适的网点密度进行控制; 网点密度的选择应与全息图衍射效率一起综合考虑。由于这些网点是极小的。对 60 l/cm 的网屏而言, 其网点直径仅为 0.82 mm, 人眼无法分辨, 所以对整个画面而言, 可视为一连续体; 同时, 在作全息记录时, 这样的密度对全息干版, 却是容易满足的。另外, 由于各分色片中网点的取向不同, 故不会导致各分色片网点发生重叠现象; 这样, 对应于全息图便不会出现多次曝光, 因而可获得高的衍射效率, 使制造真彩色全息图成为可能。于是, 便可通过色编码板用单束光方便地制作真彩色全息图; 再现时, 网点处将色光“衍

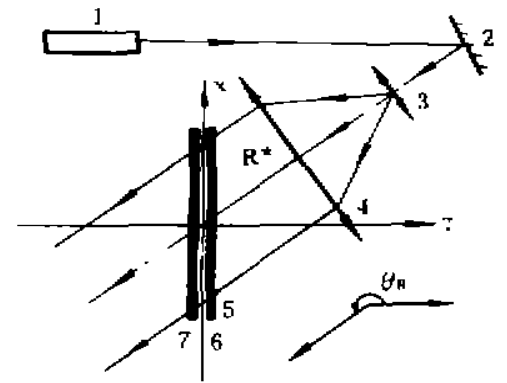


Fig. 1 Setup used for making Real-Colour Hologram

1. Laser, 2. Reflective mirror, 3. Beam-spread M, 4. Collimating M, 5. CCP, 6. Cover film, 7. Plate

射”至眼睛。由于各网点间视角小，所以分辨不清而得到综合后的色彩，与彩色荧光屏像素效果等同，从而实现了真彩色再现效果。

2 实验结果与讨论

2.1 实 验

首先根据(1)式、(5)式，设计并制作一套三基色编码板 CCP_r 、 CCP_g 、 CCP_b ，选择观察窗口为一宽 10 mm 的狭缝，且 $\theta_i = 0^\circ$ ， $\theta_c^* = 38^\circ$ ， $|Z_0| = 300$ mm， $\lambda_0 = 632.8$ nm。选择物体为一张卡通图片及一张人物像。对于卡通图，通过扫描器，在 Aldus FreeHand™ 应用软件支持下，分解出红、绿、蓝各色区，并经 QMS-PS 型激光打印机打印输出；最后分别照相拷贝成可使用的掩膜片。对于人物像，首先选择合适的网屏线数，实验用 60 l/cm，通过 HELL C₃₉₉ER 型电子分色机，对其彩色正片进行分色处理，得到三张相应负片；再将之拷贝成供全息拍摄用的正片。利用图 1 光路进行拍摄。所用波长为 He-Ne 激光的 632.8 nm，记录介质为天津 I 型全息干版。之后，通过暗室处理，即可获得一幅真彩色全息图。如需制作模压母版，可用 441.6 nm 或 457.9 nm 在光刻胶版上曝光。实验中选用 Ar⁺ 激光器 457.9 nm 对 Shippley 1350 光刻胶进行曝光。当用白炽灯照明，并于 $\theta_i = 0^\circ$ 下观察时，可看到真彩色全息再现像，再现像色泽饱满，色调纯正，可比原物更具魅力。

图 2 为实验制作的真彩色模压全息图片/再现像。图 3 为其再现的三色“窗口”——狭缝像。

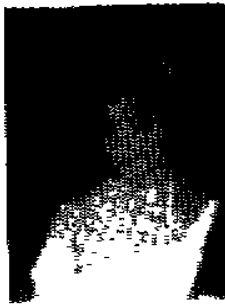


Fig. 2 Real-colour embossing hologram



Fig. 3 The Reconstructed windows

2.2 讨 论

2.2.1 对位问题

准确对位是获得高衍射效率真彩色全息图的关键，也是色编码板方法最大特点之一，由于记录时物体与记录介质处于同一平面内，所以使得定位系统简单化。采用三钉对位，可容易地实现准确定位，使二张或数张掩膜图精确地“套”在一起。

2.2.2 高质量色编码板的获得

高质量的色编码板是制作真彩色全息图过程中的决定因素，这主要取决于制备过程中对“载体”记录介质的选择和处理好。若载体选择银盐介质，可在普通 D-19 显影、F5 定影处理的基础上，适当改变处理液配方^[6, 7]，使之综合指标^[8]得到提高；若载体选择重铬酸明胶^[2]，则可适当控制处理用水温，并分步用不同浓度异丙醇处理，即可。相比之下，前者易于保存，后者则更易于制备高质量色编码板。总之，在制备中，应使材料选择与其处理过程结合起来。除考虑衍射效率外，应综合信噪比等相关因素。推荐采用重铬酸明胶制作色编码板。

2.2.3 色编码板参数的选取

色编码板的首要技术参数应当是其衍射效率,高衍射效率的色编码板是成功地制作真彩色全息图的前提。实验发现:衍射效率的太高或低,均会对图像的效果造成影响,对银盐介质而言,一般达到 30% 为宜;对重铬酸明胶则不高于 60%。

由于制作过程采用接触复制,存在低频噪音的叠加转移,故应努力提高色编码板的信噪比,并提高处理过程中的操作技能。实验发现,信噪比应不低于 10:1。另外,色编码板的再现“狭缝”像距 Z_r 是再现像质的一个重要衡量指标,实验中选取 $Z_r(\lambda) = 300 \text{ mm}$ 。

总之,衍射效率、信噪比及“狭缝”像距可作为色编码板参数。

结 论 通过上述实验发现,用色编码板方法制作真彩色全息图简便易行,在某种程度上克服了光刻胶感光度低的弱点。高质量的色编码板,是利用单光束制作真彩色全息图的关键所在。由于采用空间分离取样技术,可制作一般二维物体的真彩色全息图,特别适合于模压彩色全息图的批量生产。色编码板方法已在同行的生产中得到推广和验证。

感谢八一激光技术开发公司在压制模压图片中所提供的大力协助!

参 考 文 献

- [1] S. A. Benton, *J. Opt. Soc. Am. (A)*, 1969A, 59(10): 1545
- [2] 于美文,张静方, 全息显示技术. 北京,科学出版社,1989,165,24
- [3] 蔡雪强,柯重来, 真彩色模压全息图. 应用激光,1992,12(4): 167~169
- [4] 雷广东, 一种制作多色彩全息图的新方法. 光学技术,1994,1: 6~10
- [5] 谢敬辉,杨 辉, 彩虹全息图色散观察窗的设计与综合. 中国激光,1991,18(9): 705~707
- [6] 赵 霖等, 提高全息图衍射效率的一种方法. 物理学报,1981,30(1): 143~144
- [7] C. B. Burckhardt, E. T. Doherty, A Bleach process for high-efficiency low-noise holograms. *Appl. Opt.*, 1969, 8(12): 2479
- [8] 邱大庸,江朝川, 漂白透射全息图衍射效率的模糊多元决策. 中国激光,1990,17(4): 220~224

A New Method for Making Real-Colour Hologram

Lei Guangdong

(Xian Holo-Image Co., Xian 710068)

(Received 15 January 1994; revised 12 January 1995)

Abstract By using the specially made colour-coded plate (CCP), combining with the principle of space-separation sampling and color fluorescent screen shining, the real-colour hologram of general two-dimensional objects made by a single beam is suggested. In addition, the method of making corresponding mask is described. Parameters selection and making method of the high-quality CCP are discussed. The experimental result is given.

Key words real-colour hologram, colour-coded plate, single light beam.