

# 用三基色傅立叶计算全息再现彩色像

顾 兵 ,谈苏庆

(南京师范大学物理科学与技术学院 ,南京 210097)

[摘要] 介绍了三基色傅立叶计算全息图的制作方法 ,用白炽灯照明全息图获得了彩色再现像 ,给出了实验原理和实验结果 ,并对相关问题进行了讨论 .

[关键词] 傅立叶计算全息 ;彩色再现像 ;透光薄膜

[中图分类号] O432 ; [文献标识码] A ; [文章编号] 1001-4616(2001)03-0041-03

## 0 引言

作为现代光学的一个分支 ,计算全息(CGH)在匹配滤波、波形变换、全息扫描等各个方面得到了较为广泛的应用 .计算全息与传统光学全息相比具有功能灵活、适用范围广等优点 .近来 ,在匹配滤波、自由空间光互连和光并行处理中计算全息的应用研究也在不断深入<sup>[1,2]</sup> .但是 ,一般的计算全息图的再现往往采用单色激光束照明 ,再现的结果是单色的图像 ,给器件的应用带来了一些限制 ,并牺牲了不同波长所能携带的信息 .本文介绍了三基色傅立叶计算全息图的制作方法 ,用白炽灯照明全息图获得了彩色再现像 .文中给出了理论分析和实验结果 ,并对相关问题进行了讨论 .

## 1 实验原理

通常的计算全息图再现像往往采用单色激光束照明 .我们知道 ,对人眼感光起决定作用的是图像的光强 .一般物图的光强可表示为 :

$$I_o = u(x, y)_o \cdot u(x, y)_o^* \quad (1)$$

式中  $u(x, y)_o$  表示单色物光场 ,经过单色激光照明的全息图再现的是单色的图像 ,它会给器件的应用带来一些限制 .

一般彩色图像的光场均可表示为三基色图像光场的叠加 ,即

$$u(x, y)_{\text{Color}} = u(x, y)_R + u(x, y)_G + u(x, y)_B \quad (2)$$

式中  $u(x, y)_{\text{Color}}$  表示彩色图像光场 , $u(x, y)_R$ 、 $u(x, y)_G$ 、 $u(x, y)_B$  分别表示红、绿、蓝三基色的光场 .彩色图像的光强为 :

$$\begin{aligned} I_{\text{Color}} &= u(x, y)_{\text{Color}} \cdot u(x, y)_{\text{Color}}^* \\ &= [u(x, y)_R + u(x, y)_G + u(x, y)_B] \cdot [u(x, y)_R + u(x, y)_G + u(x, y)_B]^* \end{aligned}$$

由于三基色光相互不相干 ,上式可化为 :

收稿日期 2000-05-14

作者简介 顾兵 ,1974— ,南京师范大学物理科学与技术学院助教 ,南京大学物理系硕士研究生 ,主要从事光学的教学与研究 .

万方数据

$$I_{\text{Color}} = u(x,y)_R \cdot u(x,y)_R^* + u(x,y)_G \cdot u(x,y)_G^* + u(x,y)_B \cdot u(x,y)_B^* = I_R + I_G + I_B \quad (3)$$

彩色图像总光强为三基色图像的光强之和,这也就是色度学中色光的相加原理<sup>[3]</sup>。由(2)(3)式可知要得到彩色图像,只要分别得到  $u(x,y)_R$ 、 $u(x,y)_G$ 、 $u(x,y)_B$  三基色的物光场就可以了。

用傅立叶计算全息的方法可以分别获得三基色的物光场。制作时首先用图像处理软件将彩色图像分离为红、绿、蓝三个通道,分别计算出各通道物的相应频谱,制作三个通道相应的傅立叶计算全息图。

根据傅立叶位移原理,如果  $\{U(f_x, f_y)\} = u(x, y)$ , 则  $\{U(f_x - a, f_y - b)\} = u(x, y) \exp[-i2\pi(f_x a + f_y b)]$ 。式中  $u(x, y)$  代表物场,  $U(f_x, f_y)$  表示相应的频谱,谱的位移仅是在物光场上加上一个位相因子而已,此位相因子对我们观察强度不起作用,所以在缩拍三张频谱图时,三张频谱图可以不重合地组合在同一个平面内而不影响结果。计算全息图再现时主要看  $\pm 1$  级衍射的再现像,  $\pm 1$  级中心位置由  $d = \lambda f / u$  决定。这里  $u$  (unit) 是计算全息图中小单元结构的大小,  $f$  是傅立叶变换透镜的焦距,  $\lambda$  是入射光的波长。如不考虑透镜焦距与波长的依赖关系,中心位置  $d$  与波长  $\lambda$  成正比,与全息图中  $u$  成反比。为了使再现像不仅是彩色的,而且不畸变,位置不错位,我们通过改变不同波长全息图中  $u$  使  $d$  相等,从而确保三基色全息图  $\pm 1$  级再现像的大小位置与原物相同,即:

$$d = \frac{\lambda_R f}{u_R} = \frac{\lambda_G f}{u_G} = \frac{\lambda_B f}{u_B} \quad (4)$$

2 实验和讨论

根据上述原理,我们采用图像处理软件将彩色物(见图 1)分为红、绿、蓝三个通道,分别进行  $64 \times 64$  抽样,计算出相应的傅立叶频谱,应用罗曼编码技术<sup>[4]</sup>由激光打印机输出全息模板,然后将红、绿、蓝透光滤色膜贴在相应的全息图后,放在同一平面上,用柯达反转彩色胶卷进行光缩。缩小倍数约为 45 倍,此时得到一张组合的三基色全息图。将此三基色全息图放在如图 2 所示的光路中,在白炽灯的照射下,即得到原物的彩色再现像(见图 3)。

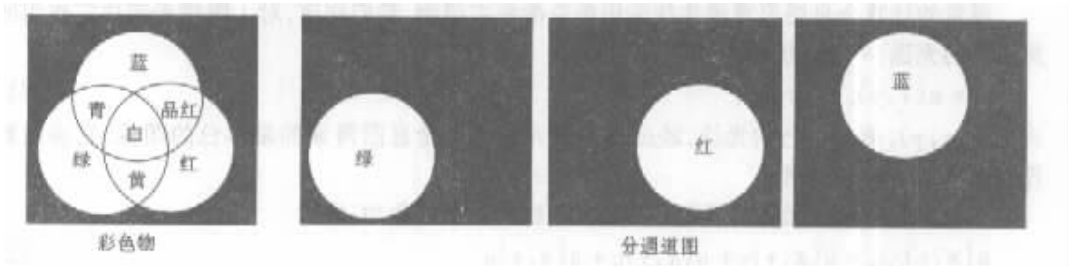


图 1 彩色物及其分通道图

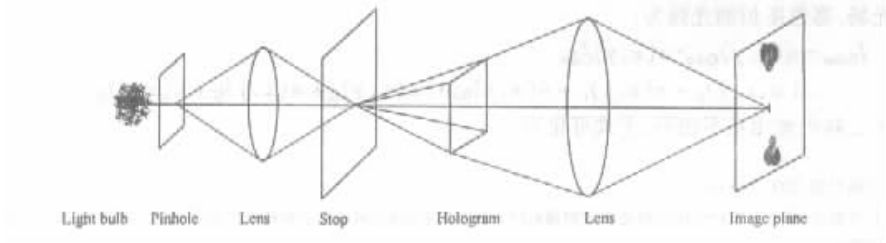


图 2 再现光路图

从实验结果来看,基本达到了预期的目的,说明这种方法是可行的.但是结果并不是很理想,主要有如下原因:薄膜透光的单色性不好,绿色信号强度弱,白炽灯的色温较低等.

我们所用的彩色透光滤波薄膜是市场上购买的现成产品,其透光波长峰值与设定值有差异(见图4),而我们设定的参数均按激光(红 632.8 nm、绿 543.5 nm、蓝 488 nm)设定的,也就是说我们是假定薄膜只能透过单色光,事实上薄膜的透过率存在重叠区域,特别是蓝色的透光薄膜绿光也能透过,所以在实验结果中蓝色图像有绿的边缘,红色也有此现象.如能采用含有三基色的激光照射,结果将更为理想.

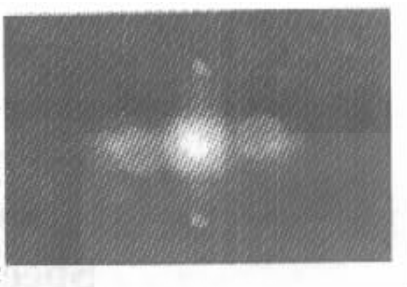


图3 彩色再现像

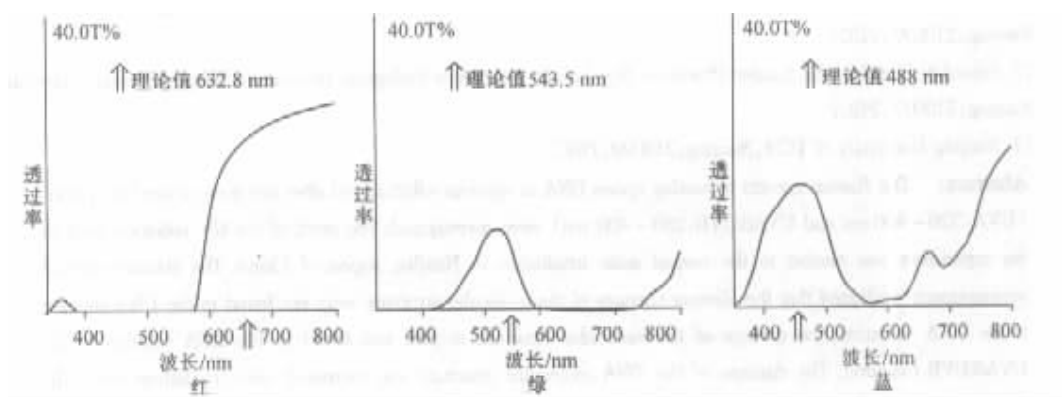


图4 薄膜的透过率曲线

绿色信号非常灵敏,按照色度学原理,它对图像的质量具有非常重要的意义,理想情况下绿光透过率应为红光、蓝光透过率的两倍<sup>[3]</sup>.但这里绿光透过率是最低的,这对图像的影响是显而易见的.

实验结果中靠近0级的红光较强,而稍远的蓝绿光显得较弱,这是衍射因子的影响造成的.另外,灯的色温也会有影响.我们所用的白炽灯色温不到3000K,蓝绿光本身不够丰富,这也是蓝绿光稍弱的原因之一.

显然如果改进实验条件和实验方法将会得到更为理想的结果,这种新型的彩色计算全息图将会有广阔的应用前景.

致谢:南京大学物理系光电子实验室对本课题做了很多帮助,特此感谢.

#### [参考文献]

- [1] Feng Yajun, Ding Jianping, Zhou Jin, et al. Self-focusing matched filter produced by computer-generated hologram[J]. Opt Communications, 2000, 184: 89—93.
- [2] Suh H, Kwak C H, Lee E-H. Combined binary-phase hologram for free-space optical interconnection[J]. Opt Lett, 1995, 20: 2131.
- [3] [德]海因希·朗格.色度学与彩色电视[M].北京:中国电影出版社,1985.48, 113.

(下转 52 页)

( 上接 43 页 )

[ 4 ] Lohmann A W ,Paris D P. Binary Fraunhofer hologram generated by computer[ J ]. Appl. Opt. ,1967 ,6( 10 ) :1739—1748.

## Color-Image Generation by Use of Three-Color Fourier Computer-Generated Hologram

Gu Bing ,Tan Suqing

( School of Physical Science and Technology ,Nanjing Normal University ,Nanjing , 210097 ,PRC )

**Abstract** :Color-image generation by use of three-color fourier computer-generated hologram is reported . It is illuminated by light bulb. The theory and experimental results are presented , corresponding questions are discussed also.

**Key words** :fourier computer-generated hologram ;color-image ;filter film

[ 责任编辑 :丁蓉 ]