

利用彩色打印机技术制作多位相 彩虹全息色编码器*

周崇喜

(中国科学院光电所微细加工光学技术国家重点实验室 成都 610209)

周 宇 王春红** 黄奇忠 郭永康

(四川大学物理系 成都 610064)

提要 提出一种新的集分束/整形于一体的彩虹全息色编码器,该编码器可获得较高的衍射效率和很好的光场均匀性。同时,采用一种集追迹法、G-S 算法、Y-G 算法为一体的综合迭代算法进行该器件的设计,计算机模拟结果显示其非均匀性小于 0.01%,衍射效率为 93.3%。最后采用彩色打印机技术制作出多位相彩虹全息色编码器。

关键词 彩色打印机,二元光学,多位相色编码器,迭代算法

1 引 言

记录 2D/3D 彩虹全息图时,通常用多狭缝作编码器对物体不同部分进行色编码。但狭缝的采用使光能损失很大。在拍摄模压全息母板时,由于 He-Cd 激光器的功率不高,光致抗蚀剂的灵敏度又低,这样必将延长拍摄时间,对系统的防震性提出更高的要求。使用柱面透镜代替狭缝可以提高光能利用率,然而单个柱面透镜而无另外装置无法产生多束狭缝光。首先拍摄狭缝的全息图,然后再再现其实像也可代替真实狭缝,但是其衍射效率低,而且会产生相干噪声。

二元光学是一门新的光学分支,它允许利用计算机设计波面,因此,它能将任意输入波面转化为我们所需要的波面。本文提出具有分束和整形双重功能的一种色编码器,它将高斯光束转化为均匀的三束相干光,扩大了光场的使用面积。该编码器件可获得很好的光场均匀性和较高的衍射效率。最后采用彩色打印机技术制作该多位相彩虹全息色编码器。

2 原理及设计

2.1 彩虹全息色编码器缝宽的设计

用多狭缝对 2D/3D 彩虹全息图的不同层或同一层的不同部分进行颜色编码时,其颜色由

* 中国工程物理研究院、四川省科研基金、中国科学院光电所微细加工光学技术国家重点实验室基金资助。

** 中国科学院光电所国家“863”计划大气光学重点实验室-自适应光学实验室。

收稿日期:1996-05-06;收到修改稿日期:1996-08-01

各个狭缝之间的距离决定。因此设计编码颜色实际上是计算各个狭缝之间的距离。计算表明对应于各种颜色的狭缝的位置可近似表示^[1]为

$$x_{0i} = \left[\sin\theta_R - \sin\theta_P \cdot \frac{\lambda_0}{\lambda_i} \right] z_0 \quad (1)$$

式中 θ_R, θ_P 分别为参考光、再现光和光轴的夹角, λ_0, λ_i 为记录光波和所设计颜色对应的波长, z_0 为狭缝到全息干版的距离。当 $\theta_R = \theta_P = 30^\circ, z_0 = 450 \text{ mm}$, 再现的三个编码颜色波长是红(600 nm), 绿(530 nm), 蓝(430 nm) 时, 从式(1) 我们得到相邻两个狭缝之间的距离 $\Delta x = 10 \text{ mm}$ 。

2.2 色编码器设计

将分束/整形器作为色编码器, 它可以将输入高斯光束转化为几束经整形的均匀相干光束。换句话说, 假如输入为一径向对称的高斯分布的光束, 经过色编码器后, 输出为三个均匀的狭缝的像。我们的设计参数为: 波长 $\lambda_0 = 632.8 \text{ nm}$, 输入信号窗大小为 $10 \times 10 \text{ (mm)}$, 输出窗口大小为 $100 \times 100 \text{ (mm)}$, 狭缝宽 $\delta x = 3 \text{ mm}$, 缝间距 $\Delta x = 10 \text{ mm}$, 焦距 $f = 450 \text{ mm}$, 我们采用一种集追迹法、G-S 算法、Y-G 算法为一体的综合迭代算法来进行该器件的设计, 采用追迹算法计算出色编码器的位相分布, 然后把它作为 G-S 算法的初始值进行迭代计算。其次我们在迭代计算达到一定条件时, 适当地引入振幅自由度, 这样可在衍射效率和均匀性之间取得平衡。这种改进算法具有收敛速度快特点。图 1 (a) 为输入高斯分布, (b) 为从色编码器输出三条狭缝的光强分布。其非均匀性小于 0.01%, 衍射效率为 93.3%。

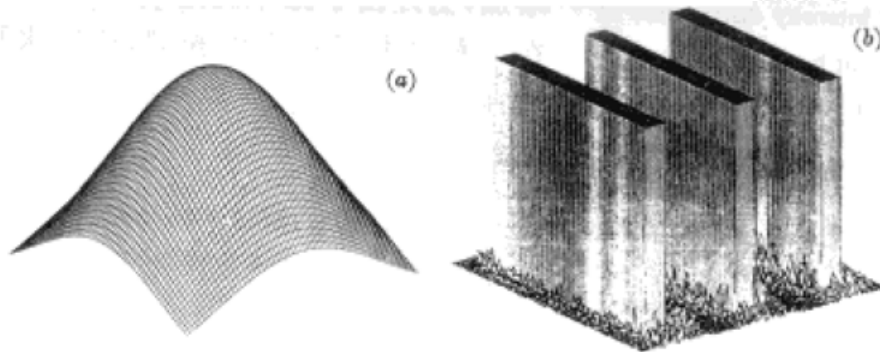


图 1 输入输出光束的理论强度分布

(a) 输入高斯光束强度分布; (b) 输出光束强度分布

Fig. 1 Theoretic intensity distributions of the input and output beams

(a) input Gaussian beam; (b) calculation result showing the output beam

3 实 验

彩色打印机目前在计算机外部设施中越来越受到人们的重视, 也是未来打印机的发展趋势, 它具有成本低、面积大、通用性强、灵活、操作简单等一系列优点。Shrauger 提出利用彩色打印机技术制作全息图^[2], 为此, 我们尝试使用它来制作多位相色编码器。利用彩色打印机技术制作多位相色编码器的整个过程分三步进行。

3.1 位相-颜色编码

首先计算编码器位相分布函数 $p_f(x, y)$, 然后经过取余和量化, 得到与彩色打印机提供的 8 种颜色分别对应的 8 值的位相分布函数 $p_i(x, y) = k (k \in 1, 2, \dots, 8)$, 这 8 种颜色分别是: 黑, 蓝, 绿, 青, 红, 品红, 黄, 白, 其中白表示全透, 黑为全不透, 然后把它输出到专用的透明胶片上,

得到彩色编码的计算全息图,如图 2 所示。

3.2 颜色编码掩模图到全色胶片的光学密度

把上述具有彩色图形的透明胶片放在缩版机上,用均匀的白光透射照明胶片,用具有较平光谱响应的全色黑白照相胶片 Kodak IMAGELINK 记录通过透明胶片的透射光,由于不同颜色部分具有不同的光谱透过率,从而可调制胶片上的曝光量,得到计算所需要的 10×10 (mm) 大小尺寸的潜像,经过显影,得到光密度相应于位相分布的灰阶负片。

3.3 光学密度到光学位相

我们把这种灰阶分布的负片拷贝到天津 T 型全息干版上,经过反转漂白处理,得到位相型的色编码器。

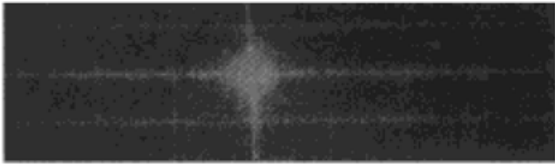


图 3 输出光束的实验强度分布

Fig. 3 Experimental intensity distribution of the output beam

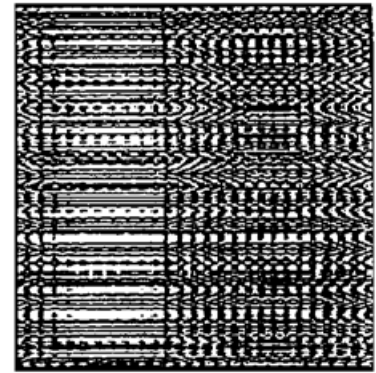


图 2 彩色喷墨打印机 Canon BJC800 输出的彩色位相编码透明胶片图

Fig. 2 Color thick film mapping generated by color bubble printer Canon BJC800

最后我们把漂白处理后的色编码器放入光学系统中,得到了三个缝的像,如图 3 所示。从图中可以看出,整形效果是很明显的,由于实验过程的多种因素,如显影、漂白等过程中条件没有很好地控制使得最后得到的位相分布带来了误差,导致了零级光的增加,另外由于打印机走纸时的周期性移动,相当于在 x 方向加了一个线光栅,使得水平方向产生了周期性的光强分布。但是随着实验水平和打印机技术的提高,效果会更好一些。

参 考 文 献

- 1 雷广东. 一种制作多色彩虹全息图的新方法. 光学技术, 1994, 14(1): 6~ 10
- 2 V. E. Shrauger, L. L. Erwin, J. L. Ahn *et al.*. Computer-generated multiple-phase-level hologram by use of color printer techniques. *Appl. Opt.*, 1994, 33(23): 5318~ 5327

Multi-phase Color-encoder for Rainbow Holography Making Using Color-printer Technology

Zhou Chongxi Zhou Yu Wang Chunhong Huang Qizhong Guo Yongkang
(Department of Physics, Sichuan University, Chengdu 610064)

Abstract A novel color-encoder which has dual function of a beamsplitter and a beamshaper is proposed. This encoder could acquire higher diffraction efficiency and very good uniformity of light field with high diffraction efficiency. An algorithm combining tracing algorithm, G-S algorithm and Y-G algorithm is used to design this encoder. The result by computer simulation shows: the diffraction efficiency is up to 93.3%, and the non-uniformity is less than 0.01%. And a new approach to encode and make a phase element by using color-printer techniques is also proposed.

Key words color-printer, color-encoder, binary optics, iterative algorithm