

一种提高记录多色虹全息光能利用率的方法

吴建宏 陈林森

(苏州大学激光研究室, 苏州 215006)

提要 提出了一种提高记录三狭缝虹全息能量利用率的方法。将三相互平行的线光束替代平行光再现母全息图。实验结果表明, 能量利用率提高了 8 倍。

关键词 三光束分束器, 虹全息, 能量利用率

1 引 言

模压全息技术是近十几年发展起来的新技术。当今该技术的核心部分是光致抗蚀剂全息母板的制作。在诸多的虹全息记录方法中, 二步法虹全息占据了主导地位^[1,2]。在通常的二步法记录中, 为了获得大视场和色彩鲜艳的虹全息, 需用大面积平行光再现线度为几毫米的条形母全息图, 光能利用率极低。当用光致抗蚀剂之类低感光灵敏度材料记录时, 获得高质量母板有较大难度。本文以横向面积分割法多色虹全息技术^[3]为基础, 提出了一种提高记录三狭缝虹全息光能利用率的方法。本文结果表明: 光能利用率提高了 8 倍以上, 有效地提高了能量利用率。

2 基本原理

文献[3]的基本设想是将拟定的色彩或层次的几种图案记录在同一个主全息图的不同区域上。每一个条形区域相当于一个狭缝。第二步记录时, 用平行光同时再现主全息图的各个狭缝区域, 第二步记录一次完成。这一方法是记录虹全息母板的卓有成效的方法。在多色虹全息中, 三狭缝虹全息较普遍。例如防伪商标及真彩色虹全息等^[4]。本文提出的方法是用三束相互平行的线光束取代大面积平行光再现三狭缝主全息图, 以此提高光能利用率。

2.1 三光束等光强分束器

再现三狭缝主全息图首要的是将激光束分成等强度的三束光。本文采用重铬酸明胶制成的厚光栅实现三光束分光。光栅的记录与再现如图 1 所示。记录厚光栅时, 两束记录光分别垂直和倾斜入射, 条纹面呈倾斜状。再现时仅出现 1 级光和 0 级光^[5]。将两块这样的光栅 G_1 和 G_2 胶面相对, 条纹呈对称状胶合, 如图 1(b) 所示。 G_1 将入射光分成两束: 0 级和 1 级衍射光。当 1 级光入射 G_2 时, 由于不满足布喇格条件而不被衍射。 G_1 的 0 级光被 G_2 分成两束: 0 级和 1 级。这样入射光经复合光栅后被分成三束。由于重铬酸明胶经处理后胶层略有膨胀, 再现光正入射时不

完全满足布喇格条件,光栅未达到最高衍射效率,因此通过控制胶层的膨胀率可控制光栅正入射时的衍射效率。为使三束光的光强相等,须使 G_1 的衍射效率为 $1/3$, G_2 的衍射效率为 $1/2$ 。

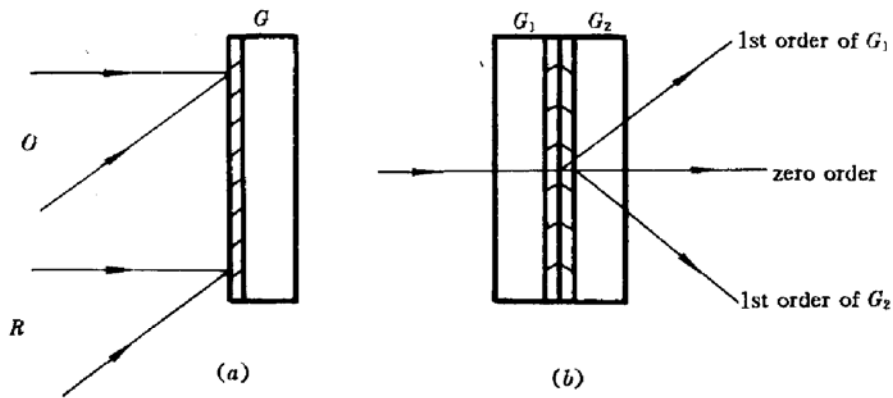


Fig. 1 Three-beam splitter

(a) recording a thick grating G ; (b) the three-beam splitter composed of gratings G_1 and G_2

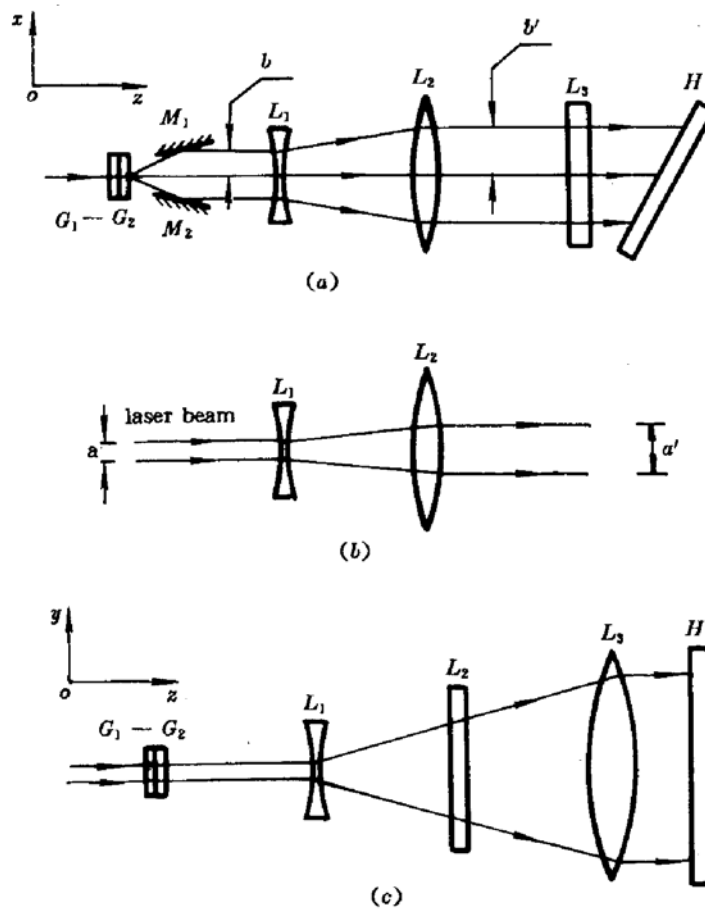


Fig. 2

- (a) optical arrangement of reconstructing H_1 with a three-beam splitter G_1 - G_2 in xoz plane;
- (b) a laser beam is converted into a parallel beam with lens L_1 and cylindrical lens L_2 at x - directions;
- (c) a laser beam is expanded with L_1 and cylindrical lens L_3 at y - direction

2.2 三平行线光束

激光束是高斯光束,但在远离束腰处可近似地认为是球面波,并且由于发散角很小,可将激光作为平行光处理。这样处理对再现全息图不会带来很大的影响。与文献[3]类似用平行光作为参考光记录三狭缝主全息图 H_1 ,用相互平行的三光束再现 H_1 的光路如图 2(a) 所示。复合光栅 $G_1 - G_2$ 将激光分成三束,反射镜 M_1 和 M_2 使三束光相互平行。 L_1 为凹透镜, L_2 为凸柱面透镜,母线垂直于 xoz 平面。 L_1 的像方焦点与 L_2 的物方焦点重合。这一组透镜使光束在 xoz 平面内成为具有一定宽度的平行光〔如图 2(b)〕,并同时仍使三束光相互平行。而在另一方向(yoZ 平面)光束成发散光〔图 2(c)〕。 L_3 为大口径柱面透镜,母线平行于 xoz 平面,物方焦点与 L_1 的像方焦点重合,它将发散光准直同时三束光通过 L_3 后仍相互平行。这三束相互平行且每一束都是平行光的线光束再现母全息图 H_1 。

与再现母全息 H_1 有关的参数是线光束的宽度和线光束之间的间距。图 2 的 L_1 和 L_2 是一望远系统,出射光束宽度 a' 与入射光束宽度 a 的关系为

$$a' = -\frac{f_2}{f_1}a \quad (1)$$

式中 f_1, f_2 分别为 L_1 和 L_2 的焦距。同样出射光束之间的间隔 b' 与入射光束之间的间隔 b 的关系为

$$b' = -\frac{f_2}{f_1}b \quad (2)$$

2.3 能量利用率估算

对通常的球面透镜准直再现 H_1 的情况,能量利用率应为狭缝面积与透镜面积之比,即

$$\eta = k \cdot \frac{3eD}{\pi D^2/4} = k \frac{12}{\pi} \frac{e}{D} \quad (3)$$

式中 k 为扩束镜透过率, D 为准直透镜的孔径, e 为狭缝的宽度。

对三光束分束的情况

$$\eta' = k_1 k_2 k_3 \quad (4)$$

式中 k_1 为分束器透过率, k_2 为反射镜的反射率, k_3 为 L_1 和 L_2 透镜组的透过率。如果取 $D = 300$ mm, $e = 5$ mm,通过测定得到 $k = 75\%$, $k_1 = 80\%$, $k_2 = 90\%$, $k_3 = 70\%$ 。这样 $\eta'/\eta = 10$ 。如果进一步提高反射镜的反射率及透镜组的透过率,能量利用率可望进一步提高。

3 实验与讨论

本文用重铬酸明胶制成了三光束分束器,三光束之和与入射光之比为 80% ,经 M_1 和 M_2 后,三束光光强相等。光栅条纹密度为 600 1/mm,胶厚 30 μm 。用图 2(a) 的系统再现 H_1 ,再现像如图 3 所示。前三个照片是每个狭缝的衍射像,后一照片是三狭缝同时再现的像。由图可见,图像的对准性能良好。对像的光强测量结果表明,图 2 光路再现的像光强是文献[3]光路系统像光强的 8.2 倍。比较测量时, $D = 200$ mm, $e = 8$ mm,图 2 系统中的 $a' = 5$ mm。实验表明,本文的光路系统有效地提高了光能利用率。

对于三狭缝以上的主全息图,原则上可以将本文的方法推广,只要用多个双光束分束器^[5]即可完成。但狭缝越多,文献[3]的方法中能量利用率越高。而本文的方法中,光学元件利用越多,能量利用率将越低。所以本文的方法适用于狭缝较少的情况。另外母全息三个线全息图的

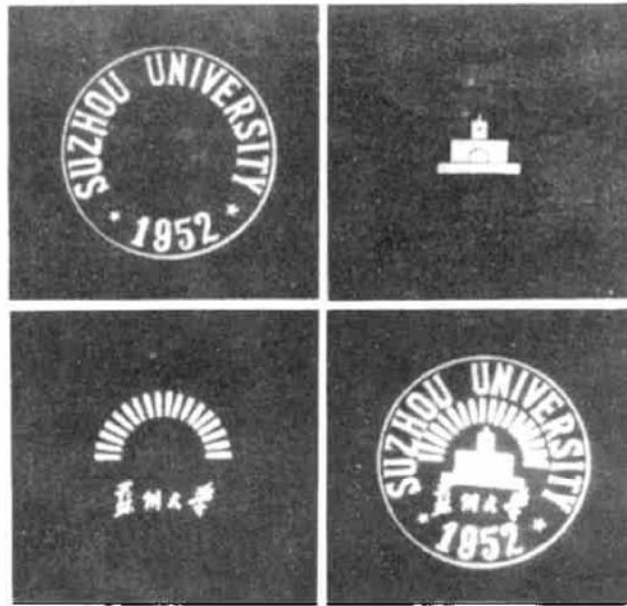


Fig. 3 The rainbow hologram obtained by this technique

衍射效率往往会有所差别,影响 H_2 的记录,这时可略微转动分束器 $G_1 - G_2$,使三束光光强发生变化,由于厚全息对角度很敏感,三束光的衍射方向基本不变^[6]。这样 $G_1 - G_2$ 的采用将能以不牺牲总入射光强而改变 H_1 的三个像的光强。

参 考 文 献

- 1 Dotothy James. Designing for Embossing. *Holosphere*, 1984, 12(7): 10
- 2 Masane Suzuki, Motonori Kanaya, Takayuki Saito. 3-dimensional illustration by multiply exposed hologram. *SPIE Proc., Application of Holography*, 1985, 523: 38
- 3 谢敬辉, 赵业玲, 于美文. 横向面积分割法及其在二维/三维模压全息图中的应用. *光学学报*, 1988, 8(5): 410
- 4 范 成, 江朝川, 郭履容. 一种新的真彩色彩虹全息术. *光学学报*, 1991, 11(11): 1032
- 5 陈林森, 吴建宏. 连续变比全息分束器. *仪器仪表学报*, 1993, 14(3): 298

A Method of Increasing Energy Utilization Coefficient in Recording Multi-color Rainbow Holograms

Wu Jianhong Chen Linsen

(Suzhou University, Laser Research Section, Suzhou 215006)

Abstract A method of increasing energy utilization coefficient (EUC) in recording three-slit rainbow holograms is presented. The EUC is raised by following way: the first-step hologram (H_1) is reconstructed by three parallel linear beams instead of parallel light. The experiment shows that the EUC is raised 8 times than usual methods.

Key words: three-beam splitter, rainbow hologram, energy utilization coefficient