

在相位共轭镜调整后,把记录好的全息图复位。此时将在输入平面上的物透明片挡住一部分,仅让一部分物光寻址全息图时,则在系统的输出平面上得到原存贮物体的一个完整像。



图 3

图 3 示出了实验结果。其中, (a) 是被存贮的物体, 它是由两个兔子构成的一幅图画; (b) 是用于对系统进行寻址的原存贮物体的一部分, 即一个兔子; (c) 是系统被输入信号的刺激而联想出的一幅完整图像。

由以上的实验结果可以说明, 用较低功率的 He-Ne 激光器作为光源, 用掺杂 LiNbO_3 晶体作相位共轭镜的全光学联想记忆系统是可行的。进一步的工作是选择合适的记录材料和改善全息图的制作工艺, 提高它的衍射效率, 降低系统的损耗, 提高输出图像的信噪比, 以及研究该系统存贮信息的能力和联想恢复信息的能力等。除此以外, 还可利用这种晶体做诸如空间滤波、图像存贮和增强、特征识别以及畸变波前的校正等方面的信息处理工作。

本实验所用晶体由哈尔滨工业大学徐玉恒先生提供, 对此深表谢意。

参 考 文 献

- 1 B. H. Soffer *et al.*, *Opt. Lett.* **11**(2), 118 (1986)
- 2 G. J. Dunning *et al.*, *Opt. Lett.*, **12**(5), 346 (1987)

(收稿日期: 1989 年 9 月 8 日)

用多次曝光全息透镜的多缝一步彩虹全息术

王肇圻 吴法祥 饶楠遐 王健水

(南开大学现代光学研究所, 300071)

Multi-slit one-step rainbow holography with multi-exposure holographic lens

Wang Zhaoqi, Wu Faxiang, Yao Nanxia, Wang Jianshui
(Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin)

Abstract: A new technique of multi-slit one-step rainbow holography with multiexposure holographic lens is described. The theoretical analysis for the holographic parameters and the experimental results of image color addition and subtraction are presented by means of this technique.

Key words: holographic lens, one-step rainbow holography

一、引 言

为克服彩虹全息术中狭缝的存在对物视场的限制, Q. Z. Shan 和 A. Beaugard 等人研

究了无狭缝一步彩虹术^[1, 2]。他们成功的实验演示为彩虹全息术开辟了一条新途径。而后国承山对综合狭缝像的定位进行了分析和验证^[3]。然而这种全息图的记录须均匀移动待摄漫散物或者成像透镜, 给实际应用带来限制。[4, 5]报道了用多次曝光全息透镜(MEHL)实现无狭缝彩虹术以及作散斑图像编码的技术。由于它无须移动待摄物体或成像透镜, 因而可推广到彩虹全息术的各种实际应用中。本文给出了用 MEHL 的多缝一步彩虹术的新技术, 它可应用于彩色图像的存贮、黑白图像的等密度假彩色编码以及二图像的彩色相加减。作为实验验证, 给出了二图像彩色相加减的实验结果。

二、MEHL 的狭缝综合理论

图 1 示出了 MEHL 的制备光路。由一束平行光和一束发散光在全息干板 PH 上 N 次曝光, 而对于每一次曝光, 透镜 L 都要沿横向移动一小距离 ε 。这样记录的全息透镜可表示为相互间有一定面内位移的 N 个透镜的叠加, 其位相变换特性为^[3]

$$T(\alpha, \beta) = \sum_{n=0}^{N-1} O \exp \left\{ \frac{-i\pi}{\lambda f} [(\alpha - n\varepsilon)^2 + \beta^2] \right\} \\ = O \exp \left[\frac{-i\pi}{\lambda f} (\alpha^2 + \beta^2) \right] \sum_{n=0}^{N-1} \exp \left(\frac{i2\pi\alpha\varepsilon n}{\lambda f} \right) \quad (1)$$

式中 O 为常量, λ 为激光波长, f 为透镜 L 的焦距。第一个位相因子代表了全息记录中所用成像透镜 L 的作用, 而求和表示为一个调制因子。完成求和可得此调制因子:

$$M(\alpha, \varepsilon, N) \sim \frac{\sin \frac{\pi}{\lambda f} \alpha \varepsilon N}{\sin \frac{\pi}{\lambda f} \alpha \varepsilon} \quad (2)$$

它类似于多光束干涉场, 为一系列等间距的窄脉冲。脉冲间距为

$$d = \lambda f / \varepsilon \quad (3)$$

脉冲宽度为

$$W = 2\lambda f / \varepsilon N \quad (4)$$

为获得单狭缝的调制作用, 脉冲间距须大于透镜的半径, 即须满足

$$\varepsilon < 2\lambda f / D \quad (5)$$

式中 D 为透镜 L 的孔径。对于给定的透镜和综合狭缝宽度的要求, MEHL 的参量选取就由 (4) 式和 (5) 式决定。

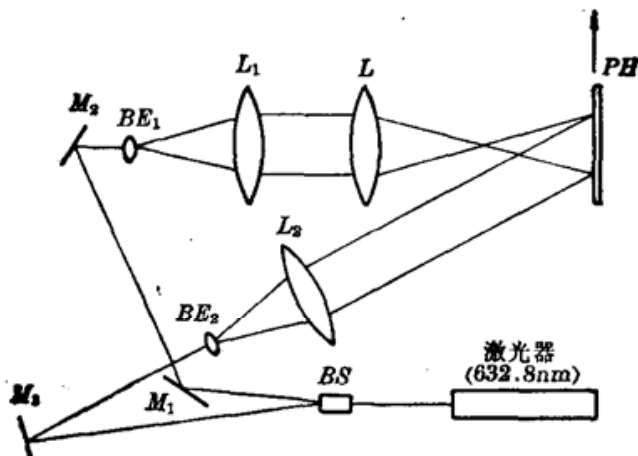


图 1 MEHL 的制备系统

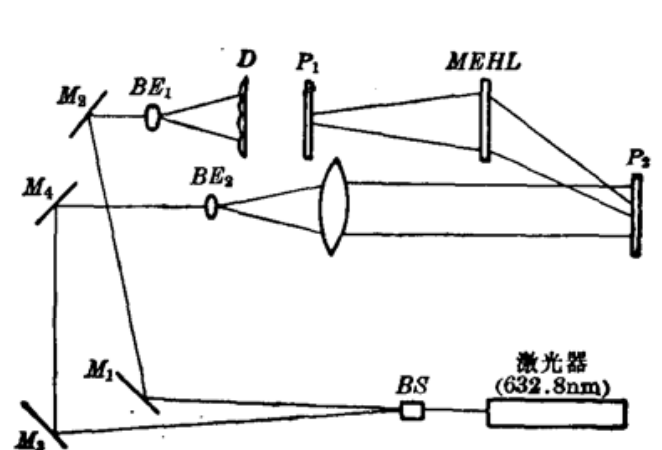


图 2 多缝彩虹全息图的记录系统

三、用 MEHL 的多缝彩虹全息术

用 MEHL 的多缝彩虹全息术可以实现诸如彩色图像的存贮、等密度假彩色编码等多种光学图像处理。然而作为演示本文仅给出二图像彩色相加减的实验及参量计算。

多缝彩虹全息术的记录光路如图 2 所示。将待处理的二图像依次置于输入平面 P_1 上, 全息干板置于相距 MEHL 为 l 处的准像平面 P_2 上并用平行参考光作全息记录。 D 为漫散屏。对于第二次曝光, MEHL 应有一位移 h , 全息干板也有一相应位移, 使得前后两次在全息干板上成像的位置保持不变。对于这样记录的全息图当用参考光的共轭光波再现时, 除得到二图像的再现虚像外还将在原 MEHL 的平面上得到二相距为 h 的狭缝。若用准直白光再现, 则得到两组彩虹色的狭缝像。对于特定的全息记录参量, 可以保证在缝 2 的位置上得到图像 2 的红光再现像和图像 1 的绿光再现像。于是在该处观察可得到二图像的彩色相加减的结果。若记录图像 1 时参考光和物光的夹角为 θ , 激光波长为 λ , 那么波长为 λ' 的绿光的衍射方向 θ' 应满足关系式:

$$\frac{\lambda'}{\sin \theta'} = \frac{\lambda}{\sin \theta} \quad (6)$$

为保证在缝 2 的位置上得到图像 1 的绿光再现, 由图 3 的几何关系可知应满足条件:

$$\frac{h}{l} = \operatorname{tg} \theta - \operatorname{tg} \theta' \quad (7)$$

将(6)式代入(7)式有

$$h = l \left\{ \operatorname{tg} \theta - \operatorname{tg} \left[\arcsin \left(\frac{\lambda'}{\lambda} \sin \theta \right) \right] \right\} \quad (8)$$

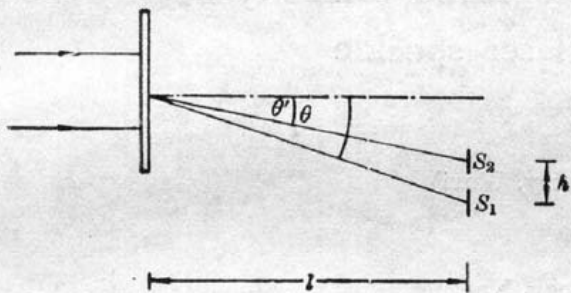


图 3 多缝实像的白光再现

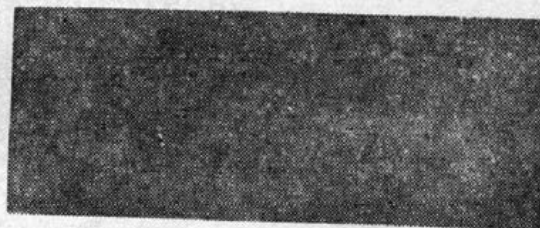


图 4 二图像彩色相加减的实验结果(原图为彩色)

四、实验结果

制备 MEHL 时所用成像透镜 L 的焦距为 240 mm, 相对孔径为 $D:f=1:4.5$ 。为满足(5)式, 取位移量 $\varepsilon=6 \mu\text{m}$ 。实际曝光次数 $N=5$, 由(4)式可知综合狭缝像的宽度 $W=10 \text{ mm}$ 。所用全息干板为天津计算机研究所研制的慢显影干板, 衍射效率达到 40% 以上。彩虹全息记录系统中参考光和物光的夹角 $\theta=30^\circ$, $l=480 \text{ mm}$ (采用 1:1 成像)。由(8)式可知对于第二次曝光, MEHL 的位移量为 $h=43 \text{ mm}$ 。我们选英文字母“EA”和“EOA”分别作为待处理的图像 1 和图像 2, 图 4 为所获得的彩色相加减的输出的黑白照片。图中亮的部分(呈黄色)显示了二图像的共同部分, 而灰区(呈红色)则显示了二图像的差异部分。图中所示照片有深度感,

这是由于在记录彩虹全息图时透明图片所在位置与漫散屏之间并非密接, 而全息再现又具有体视效应所致。显然, 若二输入图像分别是某一黑白图像的正片和负片, 则可得到等密度假彩色编码的图像输出。在作彩色图像的存贮时, 为了消除纵、横向色差的影响, 需要首先制备对应于红、绿、蓝三原色的三个多焦点全息透镜, 并用它们对彩图的三原色像分别成像, 作三次曝光的全息记录。当用准直白光照明所记录的全息图, 并通过狭缝像观察时, 就实现了彩色图像的复现。

参 考 文 献

- 1 Q. Z. Shan *et al.*, *Appl. Opt.*, **22** (23), 3902 (1983)
- 2 A. Beauregard *et al.*, *Appl. Opt.*, **23** (18), 3095 (1984)
- 3 国承山, 中国激光, **14** (12), 739 (1987)
- 4 G. G. Mu *et al.*, *Appl. Opt.*, **27** (2), 321 (1988)
- 5 王肇圻 *et al.*, 中国激光, **15** (12), 724 (1988)

(收稿日期: 1989年3月14日)

非圆对称高斯分布激光散斑积分光强统计分布

张逸新

迟泽英

(无锡轻工业学院 214036)

(华东工学院, 210014)

Statistical distribution of the integrated intensity of noncircular Gaussian laser speckle

Zhang Yixin

(Wuxi Institute of Light Industry, Wuxi)

Chi Zeying

(East China Institute of Technology, Nanjing)

Abstract: The statistical properties of the integrated intensity fluctuation of the noncircular Gaussian laser speckle formed by atmospheric scattering is discussed. The general formula of the probability-density function of the laser scintillations in the turbulent media and the K distribution probability-density function of the integrated intensity of the laser beam propagating in weak turbulent fluctuation region are obtained.

Key words: scintillations, turbulent medium, statistical distribution

一、引 言

由于某些应用中, 如光学通信的误差概率计算, 需要知道接收端光束强度起伏的概率分布。所以, 目前对激光散斑积分光强起伏的统计分布规律的量子理论和经典理论的研究十分活跃^[1~2],