

空间滤波的假彩色像面彩虹全息成像方法

刘·守* 张向苏

(福建师范大学激光研究所)

提要: 本文提出只用单束激光便能在记录彩虹全息图的同时对全息像进行假彩色编码。

Rainbow holographic imaging with spatial filtering pseudocolor image plane

Liu Shou, Zhang Xiangsu

(Laser Research Institute, Fujian Teachers University, Fuzhou)

Abstract: This article describes a simple experimental optical arrangement with slit image plane rainbow holograms are recorded using a single laser beam, and the pseudo-color encoding can be made at the same time.

一、引言

由于彩虹全息图可以获得多组明亮和较自然的假彩色像,使其在黑白图像假彩色化中得到国内外专家的重视^[1,2]。本文提出一种新型的处理方法,其原理类似于Yu的系统^[3],第一部分为相干光学空间滤波处理系统;但我们的第二部分只以一片含一条狭缝像的费涅尔全息图^[3]取代了Yu的一步彩虹全息记录系统,因而不必引入参考光波而使防震条件放宽。

二、原理

先制一张只含狭缝像的费涅尔全息图,如图1所示, *S* 是紧贴在一块毛玻璃 *G* 上且

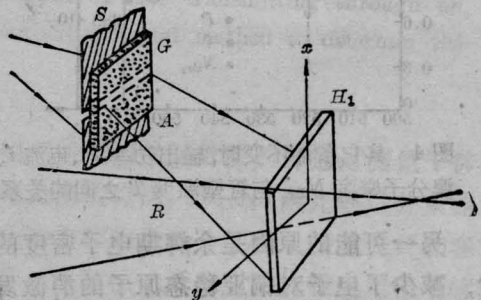


图1 费涅尔全息记录示意图

宽度为4mm的水平狭缝, *A* 为经扩束后通过 *S* 和 *G* 的 He-Ne(15mW) 激光束, *R* 是会聚参考波, *H₁* 为记录干板。若

$$A(x, y) = a(x, y) \exp[-j\psi_1(x, y)]$$

表示待记录的狭缝波前,

$$R(x, y) = r(x, y) \exp[j\psi_2(x, y)]$$

收稿日期: 1986年9月8日。

* 现在青岛经济技术开发区瑞美图象公司任总工程师。

表示与 $A(x, y)$ 发生干涉的会聚“参考”波前, 那么经曝光显影处理后的全息干板 H_1 的振幅透射率可写为:

$$T(x, y) = t_0 + \beta'(|A|^2 + R^*A + RA^*) \quad (1)$$

其中 t_0 ($t_0 = \beta_0 + \beta t_0 |R|^2$) 是参考波产生的一项均匀的“偏置”透射率, β' 为振幅透射率对曝光量的关系曲线 ($t-E$ 曲线) 在偏置点的斜率 β 和曝光时间的乘积。将制好的全息图 H_1 放于如图 2 所示的处理系统的 P_3 处, 在 P_1 处放入黑白透明图片, 假设透过 H_1 上的波场为: $u = R^*t$, 其中 R^* 为制作全息图 H_1 时的参考波的共轭, t 为透明片的振幅透射率, 为了简单起见, 假设系统放大率为 1, 并忽略系统的出射光瞳和入射光瞳的有限大小, 则透过全息图 H_1 的光场为:

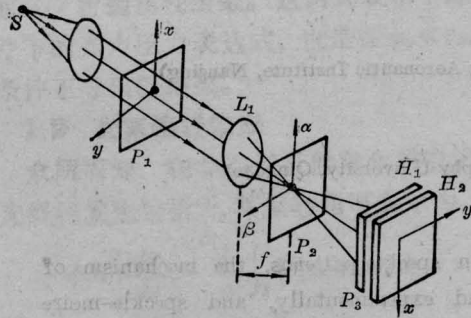


图 2 处理系统的光学装置

S—相干光源; P_1 —输入平面; L_1 —变换透镜;
 P_2 —空间滤波面; P_3 —记录平面; f —焦距

$$uT = t_0u + \beta'|A|^2u + \beta'uR^*A + \beta'uRA^* \\ = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 \quad (2)$$

其中我们感兴趣的是 ϕ_1 和 ϕ_3 , $\phi_1 = u(t_0 + \beta'|A|^2) = R^*t(t_0 + \beta'|A|^2)$ 为直透波; $\phi_3 = \beta'tRR^*A^* = \beta't|R|^2A^*$ 是带着透明图片信息 t 的狭缝会聚衍射波。如图 2 所示, 紧靠 H_1 前方放一记录干板 H_2 , 这样, 直透波 ϕ_1 (作为参考波) 和衍射波 ϕ_3 在 H_2 上干涉, 形成像面全息图。经处理后, 用白光源照明 H_2 时, 就再现了 ϕ_3 的彩虹像。 ϕ_3 既包含输入信号透明片 $t(x, y)$ 又含有一狭缝像。

在假彩色编码过程中, 原理上与经典的相干处理系统差不多, 即在图 2 系统的空间

频率平面 P_2 上插入空间滤波器 $H(\alpha, \beta)$, 则在 H_1 面上像的强度为:

$$I(x, y) = K |t(x, y) \otimes h(x, y)|^2 \quad (3)$$

其中 $h(x, y)$ 为复数空间滤波器 $H(\alpha, \beta)$ 的空间脉冲响应。这样, 在 H_2 上就记录了经过空间滤波的彩虹全息图。制作过程可分二次曝光, 比如在第一次曝光时, 用波长为 λ_1 的 He-Ne 激光器, 采用高通滤波器 $H(\alpha, \beta)$, 则记录的是高空间频率 (图形的边缘或细条纹) 的红色像: $t(x, y) \otimes h(x, y)$; 然后在第二次曝光时用波长为 λ_2 的 Ar⁺ 离子激光器, 并采用低通滤波器 $F(\alpha, \beta)$, 则记录的是低频 (图形的中间平坦部分) 的绿色像: $t(x, y) \otimes f(x, y)$, 其中 $f(x, y)$ 为 $F(\alpha, \beta)$ 的脉冲响应。这二个像叠加的结果, 就形成中间和平坦部分绿、边框和细条纹红的彩色像。

三、实验结果

制作 H_1 时, 狭缝的宽度为 4mm, 由于 H_1 的像质在很大程度上左右着最后虹全息图的像质, 而且在我们的系统中, 最后形成虹全息图是由单束光通过 H_1 后的再现波与直透波形成的, 那么光束无法调整, 所以必须保证 H_1 的衍射效率。对 H_1 我们用稀释显影, 这样既提高了再现狭缝波的强度, 又减少了再现波的噪声, 并且使其便于保存 (相对于漂白全息图)。

为证实处理系统的可行性, 在未加滤波器前, 拍摄了一张虹全息图。He-Ne 激光为 15mW, 物是一张熊猫透明正片 (黑白片)。所得结果用 15W 的普通灯泡再现时, 得到明亮、清晰 (如图 3 所示), 变动观察角度看到不同颜色的再现像。图 3 是从再现中用照相机翻拍的普通黑白照片。

在假彩色编码过程中, 由于受到条件限制 (没有 Ar⁺ 离子激光), 只用 He-Ne 激光器分别以高、低通滤波器作了二张像面虹全息

(下转第 230 页)

来检测,将能检测到与激光脉冲形状相近;以偶极形式出现的弹性脉冲。当用窄带接收系统接收时,则可以分别检测出不同的频谱分量。在时域中的波形将按设计换能器的特性展宽。当激光脉冲输出功率保持稳定值,聚焦系统和检测系统也都固定时,分频接收到的对应频率信号幅度的分配对应于激光脉冲中所包含的光功率的分配。我们实验中采用的是窄带接收,由S波引起的展宽波形会与R波的展宽波形合成。在存贮示波器上记录下来的是S波与R波的合成波列,致使S波不明显,这一点在图5中可明显地看出来。高频信号比低频信号低是因激光脉冲有一定宽度,其功率谱分量随频率增高而降低所致。若使激光脉冲变窄,可获得更高频率的弹性波。

由反复实验表明,脉冲激光激发弹性脉冲,当用叉指换能器作窄带分频接收时,具有

下列特点:

1. 能正确反映叉指换能器的时域特性,其中心频率与设计相符;
2. 当实验条件相对稳定时,不管时隔多久,结果重复性好。因而可以用来作为一种宽频带的无接触式标准声源。

参 考 文 献

- 1 张淑仪,高敦堂 *et al.* 中国激光, 1983; 10: 666. 应用激光, 1984; 4: 11
- 2 Lee R E, White R M. *Appl. Phys. Lett.*, 1968; 12: 12
- 3 Takeda Masayuki. *Japan J. Appl. Phys.*, 1981; 20: Sapp. 20~23, 41~44
- 4 Arnold W *et al.* *Appl. Phys. Lett.*, 1985; 47: 672~677
- 5 Oliner A A (ed.). *Acoustic surface waves* Berlin Heide-berg New York: Springer-Verlag, 1978
- 6 Phil. Lamb H. *Trans. R. Soc.*, 1904; A203: 1
- 7 Miklowitz J (ed.). *Theory of Elastic Waves* Wavaguides, Amsterdam: North-Holland, 1978

(上接第 215 页)



图3 白光重现照片

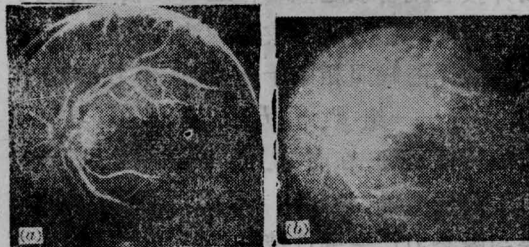


图4 空间滤波后的白光重现照片

图,透明物是一张眼底视网膜的黑白胶片。

图4(a)为高通时记录处理后,用15W普通灯泡再现所翻拍的黑白照片,显然突出了图像的高频部分。照片中的白色,就是重

现时在原始狭缝的正确位置观察到的红色(视网膜的血管部分)。图4(b)为低通时记录的虹全息再现所翻拍的黑白照片,突出了图像的低频部分。

显然这种空间滤波假彩色编码技术,对一般照片直至航空照片,α胶片都可以应用并且十分简单,但由于像面彩虹全息图的再现像也形成在干板面上,所以全息干板的表面疵病以及各种相干噪声图案会同时观察到,在处理过程中应特别小心。

由于此方法只采用单束光,所以若对系统进行适当的改进,那么一种简单的一步彩虹全息照相机的诞生将成为可能。

感谢林坚老师和关世荣所长的帮助。

参 考 文 献

- 1 Yu F T S, Tal A M *et al.* *Opt. Eng.*, 1980; 19 (5): 674
- 2 于美文 *et al.* 工程光学, 1984; (2): 46; Yu Meiwen *et al.* *Opt. Eng.*, 1984; (2): 46
- 3 Bahuyana R D, Mendoza-Santoyo F. *Opt. Lett.*, 1984; 9(9): 381