

文章编号: 0253-2239(2001)02-255-02

双通道自聚焦计算全息匹配滤波器

封余军* 周进 黄信凡 高文琦
(南京大学物理系, 南京 210093)

摘要: 介绍了一种双通道自聚焦的匹配滤波器。它是在计算全息的基础上, 通过对两个物的傅里叶谱或共轭谱分别加正的或负的二次相位因子, 求和后进行编码、制图、缩微而得, 该滤波器可以分别对两个物实现匹配。文中还给出了与理论相符的实验结果。

关键词: 双通道; 计算全息; 匹配滤波器; 二次相位因子
中图分类号: TB851+.7 文献标识码: A

通常情况下, 一个滤波器仅对应一个物或一个大物中某一子物匹配^[1,2], 称之为单通道的情形。利用对两个物的傅里叶谱或其共轭谱分别加正的或负的二次相位因子, 再经过求和、编码、制图、缩微, 则可以得到双通道的匹配滤波器, 该滤波器能分别对两个物在不同的通道上实现匹配。我们对此进行了实验, 并获得了预期的结果。

本滤波器采用罗曼 III 型的编码方法^[3]进行编码。透镜的作用相当于一个二次相位因子^[4], 如果对一个物的傅里叶谱加负的二次相位因子, 另一物的共轭谱加正的二次相位因子, 相加后制作计算全息, 则可在 +1 -1 级分别得两个物的正立像^[5], 这是双通道再现像的原理。据此原理制作的匹配滤波器将是双通道的, 即可分别对两个物实现匹配。

设两物的物函数分别为 $f_1(x)$ 和 $f_2(x)$, 其傅里叶变换分别为 $F_1(v_x)$ 和 $F_2(v_x)$ (为简单起见, 这里以一维表示), 把 $F_1(v_x)$ 取其共轭后乘以负的二次相位因子 $\exp\left[-j\frac{\pi}{\lambda}x^2\right]$, 把 $F_2(v_x)$ 乘以正二次相位因子 $\exp\left[j\frac{\pi}{\lambda}x^2\right]$; 据线性叠加原理, 可以把二者相加, 得到的是一合成滤波函数:

$$H(v_x) = F_1^*(v_x) \exp\left[-j\frac{\pi}{\lambda}x^2\right] + F_2(v_x) \exp\left[j\frac{\pi}{\lambda}x^2\right], \quad (1)$$

根据图 1 所示光路即可实现匹配。当该滤波器与

$f_1(x)$ 匹配时, 用会聚光照明的输入物平面 P_1 后的光场为

$$U(x) = Af_1(x) \exp\left[-j\frac{k}{2l}x^2\right], \quad (2)$$

到达滤波平面 P_2 的光场为

$$U(x_1) = A' \exp\left[j\frac{k}{2l}x_1^2\right] F_1(v_x), \quad (3)$$

其中 $A' = \frac{A}{j\lambda} \exp(jkl)$, 式中 A 为振幅。滤波器后的光场为

$$U'(x_1) = U(x_1)H(v_x). \quad (4)$$

则在输出平面 P_3 的光场为

$$U(x_2) = A'' \exp\left[j\frac{\pi}{\lambda'}x_2^2\right] \mathcal{F}\left\{|F_1(v_x)|^2 + A'' \exp\left[j\frac{\pi}{\lambda'}x_2^2\right] \int_{-\infty}^{\infty} F_1(v_x)F_2(v_x) \times \exp\left[j\frac{\pi}{\lambda}\left(\frac{1}{l} + \frac{1}{l'} + \frac{1}{f}\right)x_1^2\right] \times \exp\left[-j\frac{2\pi}{\lambda'}x_1x_2\right] dx_1\right\}, \quad (5)$$

式中 $A'' = \frac{A'}{j\lambda'} \exp(jkl')$, \mathcal{F} 表示傅里叶变换, 推导过程应用了关系

$$1/l + 1/l' = 1/f, \quad (6)$$

第一项表示的就是正一级上的匹配结果, 第二项为

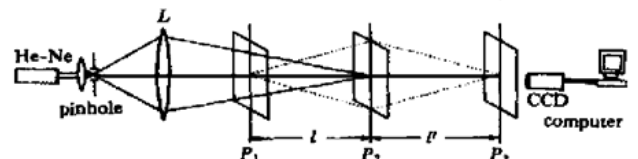


Fig. 1 Two channels matching filter experimented setup.

P_1 : input plane; P_2 : filter plane; P_3 : output plane

* 湛江海洋大学访问学者, 联系地址: 广东湛江海洋大学物理教研室, 邮编 524025。

收稿日期: 1999-06-14; 收到修改稿日期: 1999-11-01

第二个物在正一级形成的光的散斑。

由于编码方法在负一级滤波函数为 $H^*(\nu_x)$, 同理可以推得 $f_2(x)$ 在负一级实现匹配。

分别对汉字“海”和“光”进行抽样, 抽样点为 64×64 , 得到两个数据文件, 并经二维快速傅里叶变换计算得它们的频谱, 在两频谱中, 一个取其共轭谱乘以负的二次相位因子, 另一个乘以正的二次相位因子, 二者相加后用罗曼 III 型编码方法进行编码, 再经计算机制图、光学缩微后即得双通道匹配滤波器。其中二次相位因子中 f 的取值为 39.39 cm, 该滤波器可分别对“海”和“光”两个字实现匹配。

实验中 $l = 55.53$ cm, $l' = 135.52$ cm, 匹配滤波器大小为 5.10 mm \times 5.10 mm, 匹配物的大小为 4.41 mm \times 4.41 mm, 用电荷耦合器件 (CCD) 接收输出平面处的匹配结果, 由计算机采集其数据并利

用绘图软件作出光强分布如图 2 所示。其中“海”字的匹配峰在 +1 级, “光”字的匹配峰在 -1 级。

从实验结果可见, 该种匹配滤波器能分别对两个物实现匹配, 具有很好的集成性。另外, 此种匹配滤波器的匹配物大小可变, 只要利用空间带宽积公式和成像公式分别求出 l 、 l' , 相同形式光路可对不同大小的物匹配。但由于滤波函数里含有两个物的傅里叶谱, 所以当对一个物匹配时, 受另一个物的谱影响, 匹配亮点的光强较单通道匹配滤波器稍弱。另外, 由于透镜的相位是通过迂回相位编码来实现, 零级处无透镜作用, 所以零级处是物的投影像, 不是光点。从图 2 也可以看到, 不同的物, 其零级投影像是不同的。若能进一步对匹配峰周围的噪音实现抑制, 将使该种滤波器获得更好的性能。

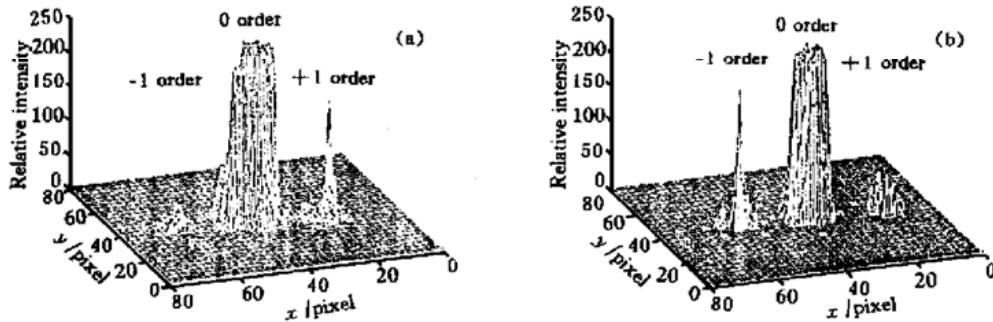


Fig. 2 The experimental results. (a) Result of Chinese character “海”; (b) Result of Chinese character “光”

感谢刘照伟、廖军同志对本文工作的大力帮助!

参 考 文 献

- [1] Moreno I, Abouzi E, Campos J *et al.*. Real-time binary-amplitude phase-only filters. *Appl. Opt.*, 1997, **36**(29): 7428~ 7432
- [2] Wang Z Q, Cartwright C M, Gillespie W A *et al.*. An optical matched filter using a quantized amplitude compensation technique. *Optik*, 1993, **94**(2): 78~ 82
- [3] Lee Wai Hon. Computer-Generated Holograms: Techniques and Applications. *Progress in Optics*, 1978, XVI: 126~ 133
- [4] Goodman J W. *Introduction to Fourier Optics*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1968. 77~ 80
- [5] Ren C H, Zhou J, Gao W Q. Four-channel self-focus computer generated hologram. *Appl. Opt.*, 1997, **36**(34): 8844~ 8847

Two Channel Self-Focusing Matched Filter by Computer-Generated Hologram

Feng Yuiun Zhou Jin Huang Xinfan Gao Wenci
(Department of Physics, Nanjing University, Nanjing 210093)
(Received 14 June 1999; revised 1 November 1999)

Abstract: A two-channel matched filter using computer-generated holograph is introduced. On the basis of CGH, it can encode two objects simultaneously by adding negative quadratic phase factor on the conjugate Fourier spectrum of one object and adding positive quadratic phase factor on the Fourier spectrum of the other. The experimental results, which are consistent with theory, are given.

Key words: two channel; computer-generated holograph; matched filter; quadratic phase factor