

利用互补光栅编码实现光学图像的微分

康 辉 曹永兴 李海峰

(南开大学物理系, 300071)

Optical image differentiation by compensative grating encoding

Kang Hui, Cao Yongxing, Li Haifeng

(Department of Physics, Nankai University, Tianjin)

Abstract: A new method for optical image differentiation is presented. By means of encoding the differential information of images by grating encoding, low-pass filtering and polarization filtering, the differential results of the optical image are obtained by decoding in a common with white-light optical system. This method is simple and easy to operate, it has other merits of white-light processors.

Key words: optical image differentiation, compensative grating encoding

一、引 言

早在 1971 年, S. K. Yao 和 S. H. Lee 就在相干光学处理系统中, 通过复合光栅在频谱平面上进行空间滤波而实现了微分运算^[1]。1984 年, 冯郁芬又在此方法的基础上, 利用非线性记录的复合光栅作频谱滤波, 可从 +1 级和 +2 级分别输出图像的一阶微分和二阶微分的结果^[2]。但是, 在这类方法中, 由于使用的是相干照明光源, 所以输出图像都不可避免地受到相干噪声的干扰。于是人们又研究非相干光学方法, 如实时白光图像微分法^[3]。这种方法使用白光处理系统, 实时地实现了黑白图像的假彩色微分图像。1985 年, 羊国光等人^[4]又利用单色非相干线光源照明, 用具有微分脉冲响应的全息滤波器作空间滤波而实现了图像的一维微分运算, 其明显的好处是可以有效地抑制相干噪声, 提高输出图像的质量。

本文提出一种新的实现图像光学微分的非相干处理方法, 这种方法在白光处理系统中, 利用光栅调制、低通滤波和偏振滤波技术制作微分图像的光栅编码片, 然后将编码片放在普通白光处理系统中进行解码, 即可得到图像的微分结果。该方法操作简单、方便, 并且具有白光处理系统的其他一些优点。

二、图像微分原理

我们知道, 一幅原图像和它的稍微变模糊了的图像进行强度相减之后, 其原图像的边缘、轮廓部分就保留了下来, 这就等效于图像的微分结果。这一原理在数学上可描述如下:

任何一个物函数, 均可表示成物函数与一个 δ 函数的卷积, 即

$$O(x, y) = O(x, y) * \delta(x, y) \quad (1)$$

设稍微变模糊了的函数为 $O_1(x, y)$, 它与原函数的关系应为

$$O_1(x, y) = O(x, y) * h(x, y) \quad (2)$$

其中 $h(x, y)$ 是一稍变模糊了的点函数, 习惯上称为点扩散函数。将(2)式减去(1)式, 则有

$$O_1(x, y) - O(x, y) = O(x, y) * [h(x, y) - \delta(x, y)] \quad (3)$$

数学上可以证明, (3)式的右端可以近似写成差分的形式^[3], 即

$$O_1(x, y) - O(x, y) = \frac{\partial O}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial O}{\partial y} \Delta y \quad (4)$$

由此可见, 通过原图像和它的稍微变模糊了的图像进行强度相减, 即可实现光学图像的微分。

三、实验方法

为了实现上述原理, 文本采用光栅编码的方法。利用互相错动半个周期的光栅条纹——互补光栅分别对原图像和它的稍微变模糊了的图像进行调制, 曝光记录之后, 在光栅编码片上即呈现图像的微分信息被光栅条纹调制的现象。再将这种编码片放到普通的光学系统中进行解码, 即得图像的微分结果。

图 1 中, S_w 为白光光源, L_c 为准直透镜, L_1 、 L_2 和 L_3 为成像透镜; O_1 为物平面; O_2 、 O_3 为 O_1 的共轭像平面; F 为频谱面; F' 为 F 的共轭平面; P_1 为起偏器; P_2 为检偏器; P_+ 、 P_- 为偏振滤波器, 只让 ± 1 衍射级分别通过。这些偏振片的偏振方向如图所示。 G 为 Ronchi 光栅, 它放在 O_1 平面上。

光栅 G 在准直光照明下, 在 L_3 的后焦平面上形成它的谱。由于只有 ± 1 级能通过频谱面, 所以在输出平面 O_3 上形成空间频率为 G 的两倍的光栅条纹。它们的强度分布可写为

$$I_G = \cos^2(2\pi u_0 y) \quad (5)$$

若将检偏器 P_2 的偏振方向旋转 90° , 则因 ± 1 级衍射光束之间引进 π 位相因子而在输出平面上形成的干涉条纹发生半个周期的移动, 于是有

$$I'_G = \sin^2(2\pi u_0 y) \quad (6)$$

在图 2 中说明了 P_1 和 P_2 的偏振方向分别处于垂直和平行状态时, 使 ± 1 级衍射光产生 π 相位移动的原理, 这里不再赘述。所以, 通过偏振滤波便可很容易地形成互补的二组光栅条纹。制备图像微分编码片的过程是, 将物的黑白透明片放在平面 O_1 上, 在 F 平面上放好低通滤波器, 并调整 P_2 使其偏振方向与 P_1 垂直。在 O_3 平面上放上黑白胶片, 进行第一次曝光。然后去掉低通滤波器, 并旋转 P_2 , 使之与 P_1 的偏振方向平行, 进行第二次曝光。经过适当的处理

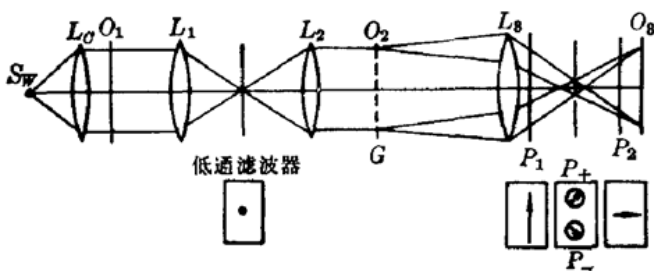


图 1 记录微分图像编码片的光学装置

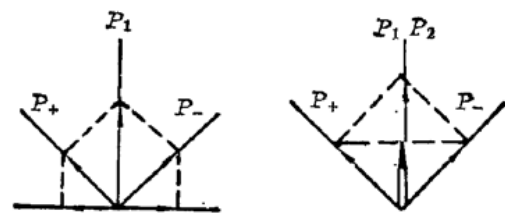


图 2 利用偏振滤波引入 π 位相因子的原理图

后,就得到微分图像的编码片,它的振幅透过率可写为

$$t \propto I(x, y) * h(x, y) \cos^2(2\pi u_0 y) + I(x, y) * \delta(x, y) \sin^2(2\pi u_0 y) \\ = I(x, y) * [h(x, y) - \delta(x, y)] \cos^2(2\pi u_0 y) + I(x, y) * \delta(x, y)$$

而它的被调制部分的振幅透过率应为

$$t \propto I(x, y) * [h(x, y) - \delta(x, y)] \cos^2(2\pi u_0 y) \\ = \left(\frac{\partial I}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial I}{\partial y} \Delta y \right) \cos^2(2\pi u_0 y) \quad (7)$$

其中 $I(x, y)$ 为物透明片的强度分布, $h(x, y)$ 为低通滤波成像系统的点扩散函数, 它应为低通滤波函数复振幅透过率 Fourier 变换模的平方, $\delta(x, y)$ 为理想成像时系统的点源响应。

解码过程很简单, 将编码片放回图 1 的输入平面 O_1 上, 在频谱面 F 上进行阻挡滤波, 只让 +1 级通过, 于是在平面 O_2 将得到图像的微分, 其强度分布为

$$I'(x, y) = K \left[\left(\frac{\partial I}{\partial x} \Delta x \right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y} \Delta y \right)^2 \right]. \quad (8)$$

四、实验结果及改进技术

实验所用光路如图 1 所示。白光源为 150W 高压短弧氙灯, 将它聚焦在一个直径约为 1mm 的小孔上形成点光源。实验装置中所用透镜的焦距分别为: $f_0 = 450$ mm, $f_1 = f_2 = 240$ mm, $f_3 = 210$ mm, Ronchi 光栅的空间频率 $u_0 = 30$ L/mm。

待做微分处理的物透明片如图 3(a) 所示, 图 3(b) 示出它的微分结果。

由前面的讨论可知, 在制备编码片的过程中, 需用二次曝光。实际上, 只要我们将图 1 所示的装置稍作改进就可简化成一次曝光, 具体方法是, 在 O_1 和 L_1 之间放置一个分束器, 引出另一光路。在 L_1 后面放上一个全反镜, 使光路转折与另一光路平行。在另一光路中同样也使用一个透镜 L_1 和一个全反镜, 使之与第一光路对称。再用一个合束器将两光路合在一起, 进入透镜 L_2 。这种双光路似为 Mach-Zehnder 干涉仪的双臂, 如图 4 所示, 我们将其称之为第一通道和第二通道。在第一通道的 F 平面上加低通滤波器, 故它传输的是一个模糊像, 第二通道传输的是一个清晰像。相应地在两通道中分别放入起偏器, 两者的偏振方向互相垂直, 由此代替检偏器的旋转。检偏器的偏振方向与两个起偏器的任何一个相垂直即可。这样, 在输出平面上便同时形成互补的二组光栅条纹。

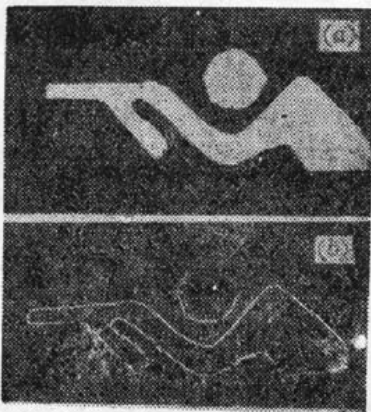


图 3 物片(a)和微分结果(b)

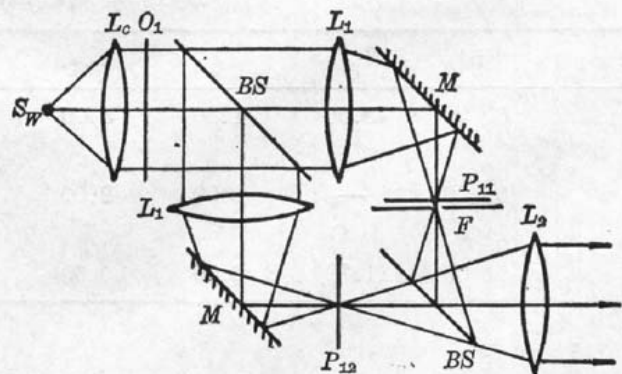


图 4 双通道光路图。其中, S_w —白光点源; L_0 —准直物镜; L_1, L_2 —消色透镜; BS —分束器; M —反射镜; P_{11}, P_{12} —起偏器(偏振方向互相垂直)

参 考 文 献

- 1 Lohman A. W. *et al.*, *Appl. Opt.*, **7**(5), 651(1968)
- 2 冯郁芬, 中国激光, **11**(3), 131(1984)
- 3 康辉 *et al.*, 仪器仪表学报, **5**(1), 26(1984)
- 4 羊国光 *et al.*, 光学学报, **5**(1), 38(1985)

(收稿日期: 1988年8月11日)

防 眩 玻 璃 的 研 制

茅 森 毛 涵 芬 应 雄 信 杨 来 娣

(中国科学院上海光机所, 201800)

Investigation of antidazzle glasses

Mao Sen, Mao Hanfen, Ying Xiongxin, Yang Laidi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

Abstract: Composition spectral, absorption as well as physical-chemical properties of antidazzle glasses have been investigated, and a sort of antidazzle glass has been obtained with greater absorption in UV and infrared spectral ranges and good performances.

Key words: glass, antidazzle

一、防眩玻璃配方的确定

配方的确定主要考虑两个方面的因素, 其一是玻璃的光谱性质, 使玻璃在紫外波段(200~300 nm)和红外波段(800~1100 nm)均有较大的吸收, 可见光波段的透过率必须大于50%; 其二应使玻璃具有优良的物理化学性能。根据上述要求, 本实验采用了三个系统的玻璃配方进行了实验(表1)。

表1 实验玻璃成分(wt%)

No.	SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	FeCl ₂	Sb ₂ O ₃	C
1	65.00	3.50	1.50	5.00	14.00	2.00	6.00	0.50	2.50
								Ni ₂ O ₃	CuO
2	68.00	—	2.00	2.00	16.00	2.00	2.00	2.00	2.00
		P ₂ O ₅	BaO			SrO			
3	58.00	11.70	6.00	9.30	—	9.00	6.00	—	—

二、玻璃的熔制

No. 1 与 No. 2 玻璃在硅碳棒电炉内, 将配合料加入到铂坩埚中熔制, 熔制温度为 1400~