

## 白光图像边缘增强的一种改进方法

康 辉 曹永兴 李海峰

(南开大学物理系)

### An improved method of image edge enhancement in a white-light optical processor

*Kang Hui, Cao Yongxing, Li Haifeng*

(Department of Physics, Nankai University, Tianjin)

**Abstract:** In this article, an improved method of image edge enhancement is presented. Compared with that method described in literature<sup>[1]</sup>, this one does not need two-exposure, turning grating and replacing spatial filter between two-exposures. Thus, operational process is simplified greatly.

**Key words:** image edge enhancement, low-pass and polarization filters

### 一、引 言

图像增强技术在工业、国防和科学研究等部门都有重要的应用,其中用光学方法实现图像增强更具有它独特的优点。自激光出现以后,人们便把它作为一种理想光源,发展了各种相干光学处理方法<sup>[1~3]</sup>。但是,在所有这一类方法中,其中一个最大的缺点是受到相干噪声的严重干扰,使输出图像的质量降低。这是相干光学处理的一个致命的弱点。为了克服这一障碍,人们又发展了另一种非相干光学处理技术,这种处理的优点是能大大抑制相干噪声。用非相干光学处理方法做图像增强具有代表性的工作有,1984年康辉等人<sup>[4]</sup>提出了一种实时假彩色微分法,在白光处理系统中实现了图像的边缘增强。1985年,羊国光等人<sup>[5]</sup>利用单色非相干线光源作照明光源,用具有微分脉冲响应的全息滤波器做空间滤波处理,通过对图像做一维微分运算而突出了图像的一维边缘。1987年,张永林<sup>[6]</sup>又提出一种光栅编码的方法实现图像的增强,这种方法利用正交取向的光栅,经过两次曝光,分别对待处理的图像和它的低通滤波像进行调制,然后用白光处理系统进行解码,即可得到边缘增强的图像。这种方法虽然具有一些优点,但存在着两个明显的缺点:(1)编码时必须经过两次曝光,并且在两次曝光之间需要置换空间滤波器和将光栅旋转90°,这对暗室中操作来说是非常不便的;(2)在最后的编码片上具有两维光栅结构,所以它的频谱亦是两维分布,又因在解码时只能取一个方向上的+1(或-1)级衍射光作为最后的输出,所以使光能利用率大大降低。

本文提出一种实现图像增强的改进方法。这种方法将光栅编码技术和偏振滤波技术结合起来,在白光处理系统中,利用多通道传输图像,因而只需一次曝光就能完成编码。在曝光操

作过程中,也不需更换滤波器和转动光栅,这就简化了操作过程。在所得的编码片上只具有一维光栅条纹,因而在解码时可提高对光源能量的利用率。还有,在制备编码片时,通过简单地旋转偏振片偏振的方向,就可控制边缘增强图像的对比度。

## 二、方法的原理

本文提出的图像边缘增强方法的原理是,利用光栅衍射多通道传输物体的图像和对称极间干涉的原理,在不同的通道中使用偏振和低通滤波器,致使在输出平面上,原图像的边缘、轮廓和细节部分被高对比度的光栅条纹调制,而其余部分被低对比度的光栅条纹调制。当对胶片曝光记录后,再经过解码,即得到边缘、轮廓增强了的图像。

为了具体地阐述这一原理,我们结合图 1 所示的光学装置进行说明。在图 1(a) 中,画出了为实现图像边缘增强而进行编码和解码时所用的光路图。

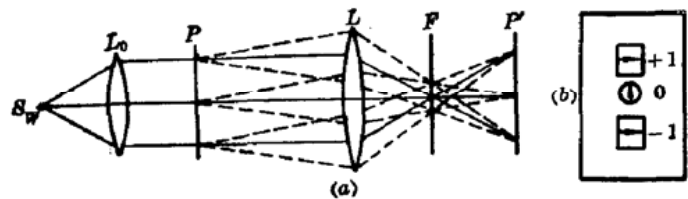


图 1

$S_w$ —白光点源;  $L_0$ —消色准直透镜;  $L$ —消色成像透镜  $P$ —输入物平面;  $F$ —傅里叶频谱面;  $P'$ —输出象平面。

1. 编码过程。将待处理的物透明片与光栅  $G$  (正弦型或 Ronchi 型, 其空间频率应不小于物体的最高空间频率的 2 倍) 叠置在一起, 放入  $P$  平面上, 在准直平行光照明下, 光栅不同级的衍射光分别携带着物体的信息被透镜  $L$  收集, 经透镜变换后, 在  $F$  平面上形成分立的、物谱的能量山包, 它是物函数的频谱与光栅的频谱相卷积的结果。在频谱平面上, 使用如图 1(b) 所示的偏振空间滤波器, 其中光栅  $\pm 1$  级的开孔足够大, 使物的频谱完全通过, 并且  $\pm 1$  级处的两偏振片的偏振方向是相同的。光栅 0 级处的开孔较小, 以便把物体较高的频谱分量滤掉, 且 0 级所用偏振片的偏振方向与  $\pm 1$  级的相垂直。这样, 在输出平面上, 由  $\pm 1$  级双通道传输的是物体清楚的图像, 又因  $\pm 1$  级衍射光的偏振方向相同, 两者相干形成空间频率为  $2u_0$  的光栅条纹, 所以清楚的图像被光栅条纹调制, 而由 0 级通道传输的图像是一个失掉边缘、轮廓和细节的图像, 它未被光栅条纹调制。又因 0 级衍射光与  $\pm 1$  级衍射光的偏振方向相互垂直而不相干, 所以它与清晰图像非相干叠加在一起。其最后的结果是, 原图像的边缘、轮廓和细节部分因没叠加直流光强\*, 所以光栅条纹的调制度高; 而其余的部分, 因都叠加了一直流光强, 使光栅条纹的调制度下降。如果我们在输出平面上放置记录胶片, 经适当曝光和显影之后, 就得到图像边缘增强的编码片。

为了在数学上描述的方便, 我们将一幅清晰的图像看成由两部分组成。第一部分  $I_1(x, y)$  代表原图像去掉边缘、轮廓和细节后的那部分, 第二部分  $\Delta I(x, y)$  表示去掉的那部分。于是编码片的振幅透过率可写为

$$T = T_0 - k(cI_1 + \Delta I) \cos^2(2\pi u_0 x)$$

其中,  $T_0$ ——偏置透过率,  $c$ ——小于 1 的比例系数,  $k$  表示条纹对比度的降低, 它取决于 0 级通道与  $\pm 1$  级通道输出的光强比以及胶片的处理条件。

2. 解码过程。将编码片装置在图 1(a) 中的输入平面  $P$  上, 它被平行光照明, 在透镜  $L$  的后焦平面上形成它的频谱。在频谱面处, 放置一空间滤波器, 只让光栅的衍射  $+1$  级通过。

\* 直流光强是借用无线电中的概念。

于是,透过空间滤波器的频谱为(已略掉二次相位因子和常系数)

$$\tilde{T}_{+1} = -\frac{k}{4}(c\tilde{I}_1 + \Delta\tilde{I}) * \delta(u - 2u_0, v)$$

经过第二次傅里叶变换,在输出平面  $P'$  上的强度分布为

$$I'(x, y) = B[c^2 I_1^2 + (\Delta I)^2]$$

因为  $c$  小于 1, 所以第二项的权重比第一项大, 这就意味着解码输出的是一个边缘增强的图像。

### 三、实验结果及讨论

为了用实验验证以上所讨论的实现图像边缘增强的原理, 本文选用了如图 2(a) 所示的图形作为物, 用图 1(a) 所示的实验装置做了实验演示, 其实验结果示在图 2(b) 中。由此证明, 理论分析与实验结果相一致。

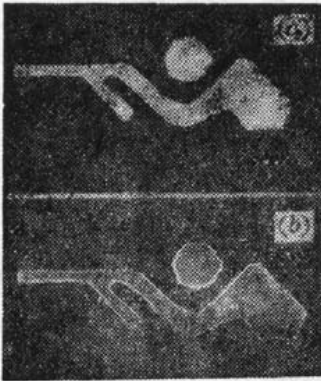


图 2 实验结果

前面我们曾说过通过旋转偏振片的方向就可以改变输出图像边缘增强的对比度。具体方法是在傅里叶平面前的任何一个位置上放置一个起偏器, 当起偏器的偏振方向相对于  $\pm 1$  级偏振滤波器的偏振方向由  $0^\circ$  逐渐增大时, 到达输出平面  $P'$  上的  $\pm 1$  级通道的光强随之减小,  $0$  级通道的光强逐渐增大, 这样就可任意改变两者比例, 并通过控制曝光量改变编码片上  $I_1(x,$

$y)$  和  $\Delta I(x, y)$  区域的条纹对比度, 从而在解码时就能得到不同对比度的输出图象。

### 参 考 文 献

- 1 Yao S. K. *et al.*, *JOSA*, **61**(4), 474(1971)
- 2 母国光 *et al.*, *物理学报*, **29**(6), 794(1980)
- 3 于美文 *et al.*, *光学全息及信息处理*, 国防工业出版社, 北京, 1984, 259
- 4 康辉 *et al.*, *仪器仪表学报*, **5**(1), 26(1984)
- 5 羊国光 *et al.*, *光学学报*, **5**(1), 38(1985)
- 6 张永林, *光学学报*, **7**(8), 748(1987)

(收稿日期 1988 年 9 月 24 日)

## 江西省首届医用激光学术研讨会在南昌举行

江西省是较早将激光应用于临床的省份之一。为了总结经验, 集中智慧, 共同研讨, 取长补短, 江西省激光学会于 1990 年 6 月 8~10 日在南昌市召开了江西省首届医用激光学术研讨会。会上共交流了近 30 篇论文, 内容涉及红宝石、He-Ne、CO<sub>2</sub>、YAG 激光在眼科、皮肤科、美容及诊治内腔息肉、肿瘤和性病等方面的应用。会上还宣布成立了江西省激光学会医用激光专业委员会。

(周稳观)