

采用随机振动法抑制白光 处理系统中的颗粒噪声

周春燕 方志良 许欣 母国光

(南开大学现代光学研究所, 天津)

提 要

本文提出在白光信息处理中, 可通过使滤波孔在傅里叶面彩虹状衍射谱附近做随机振动的方法, 达到抑制光栅编码片的振幅型颗粒噪声, 改善其输出信噪比的目的, 并给出了相应的实验结果。

关键词: 白光处理系统, 光栅编码片, 振幅型颗粒噪声。

一、引 言

近年来, F. T. S. Yu 等人对白光处理系统的噪声演绩进行了分析^[1, 2, 3], 指出尽管白光处理系统降低了时空相干性, 对输入面的相位型噪声及傅里叶面的相位与振幅型噪声起了较为理想的抑制作用, 但在减弱输入面的振幅型颗粒噪声方面收效甚微。在实际工作中发现, 光栅编码片经白光系统滤波处理后, 失去零级能量, 输出图象中弱信号部分出现明显的颗粒状噪声, 严重影响了成像质量。经分析, 这些颗粒状噪声主要来源于输入面上的振幅型颗粒噪声。即使在理想条件下, 频谱面的小孔滤波对输入面的颗粒噪声也具有放大作用, 编码光栅的衍射效率直接影响了输出信噪比, 使得一些原片上肉眼无法看到的颗粒噪声在处理后的输出图像中显得很突出。因此, 如何抑制这种噪声成为当前急待解决的问题。

经理论分析发现, 在滤波孔宽度不变的条件下, 孔中心位置在频谱面上的一个小位移可以造成像面上颗粒噪声的强度与宽度的变化^[4]。因此, 可以利用使滤波孔在频谱面彩虹谱附近进行随机振动的方法, 抑制编码片输入面上的颗粒噪声, 改善输出图像质量, 实验结果证实这是一种行之有效的方法。

二、理 论 分 析

在文献[4]中通过对单个颗粒经常见的白光处理系统滤波处理后的成像情况进行定量分析, 说明了白光处理系统中通常采用的小孔滤波方法(即低通滤波法), 尽管能够降低输入面上颗粒噪声的强度, 但是对于其宽度具有明显的放大作用。且滤波孔径越小, 相应的放大倍数越高。因此, 对于经滤波处理失去零级能量的光栅编码片, 其弱信号部分在输出面上可以看到明显的颗粒状噪声。同时, 经过对颗粒大小、滤波孔位置及宽度, 光源波长诸参量对单颗

粒成像结果的影响的定量分析,发现,当滤波孔在彩虹状衍射谱附近的位置发生变化时,成像颗粒的位置不变,而其宽度与强度会发生很大变化。颗粒愈小,这种变化就愈明显。鉴于这种情况,除选用高衍射效率的编码光栅,小颗粒的胶片及适当减小滤波孔径等方法减弱编码片的颗粒噪声外,还可以设想通过使滤波孔在衍射谱附近做随机微振动的方法抑制这种噪声。

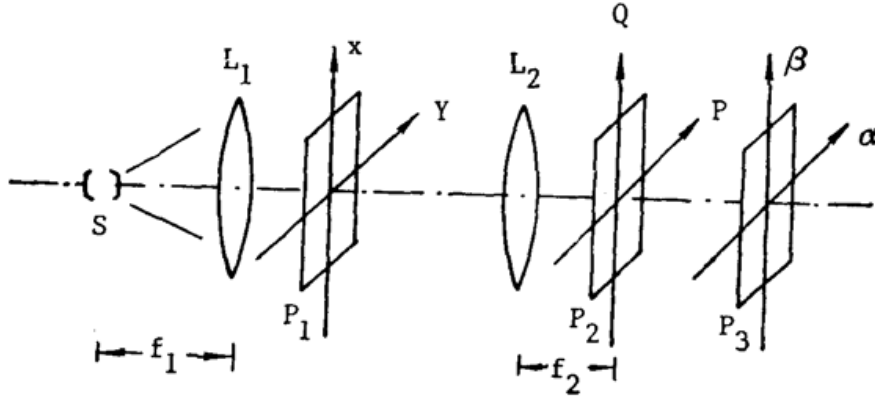


Fig. 1 White-light optical processing system

图 1 为常见的白光处理系统^[5]。S 为白光光源。L₁、L₂ 分别为准直透镜与傅里叶变换透镜。P₁ 为物平面, P₂、P₃ 分别为频谱面与像平面。在 P₁ 面上放置用 Ronchi 光栅编码后的待处理物片, P₂ 面上放置一随机振动器, 使滤波孔在所选择的非零级衍射谱附近做随机微振动。假设只选择编码片的 ±1 级彩虹谱进行各种滤波再处理。

前面已经说明: 滤波孔位置的变化并不改变颗粒噪声的位置, 但直接影响了输出颗粒宽度与相对峰值的大小。图 2 说明了随机振动时

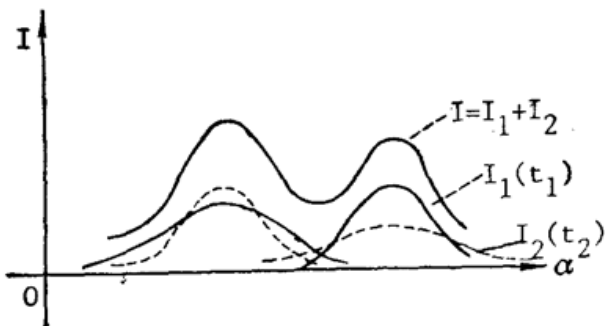


Fig. 2 The resultant output intensity of a grain noise as the filter position changing slightly with time

不同时刻的输出颗粒图像。对于单一颗粒 M, t₁ 时刻, 滤波孔处于 P₂ 面上的 q₁ 位置, 输出颗粒宽度为 w₁, 峰强度为 I₁, 在 t₂ 时刻, 滤波孔位于 q₂ 位置, 输出颗粒宽度为 w₂, 峰值强度为 I₂。不同时刻, 某一颗粒的宽度与强度是不同的。无论采取棋盘模型还是重叠圆模型, 颗粒噪声均是由大量明暗相间的随机分布的颗粒组成^[5]。如果使滤波孔在频谱面上做随机振动, 那么随着滤波孔中心位置随时间的变化, 像平面 P₃ 上大量明暗相间的颗粒位置不变, 宽度与强度均发生变化。

此时刻光强度较强的输出部分下一时刻可能较暗, 而某一时刻较暗的部分有可能下一时刻变强。这相当于大量颗粒随时间互相侵入。如果选择的振动频率得当, 像平面噪声场时间平均的结果, 可在人眼可分辨的范围内产生一个比较均匀的灰度层次, 起到模糊噪声的作用。

对于做微振动的滤波孔, 其孔径大小的选择是很重要的问题。首先, 滤波孔必须较彩虹状衍射谱中物谱的宽度要宽一些。我们希望抑制的是颗粒噪声, 而不希望由于滤波孔的位移使物谱受到影响, 从而降低成像质量。物面上信号的尺寸较噪声颗粒大得多, 它的频谱也主要集中于低频成分。由参考文献[4]的分析得知, 傅里叶谱面滤波孔的振动对小颗粒噪声的影响比对信号物的影响要大得多。因此只要使滤波孔的宽度达到当振动位移最大时, 信

号物的彩虹状衍射谱几乎全部通过,就可以保证,随机振动能起到平均噪声的作用,而对信号物成像的影响可以忽略不计。

但是滤波孔又不能过宽,否则,其它级次的衍射谱会进入成像光路,并且宽带噪声谱进入成像光路的成分也会增加,使得噪声强度增加。同时滤波孔宽增大时,它的位移对噪声宽度与强度的影响也会减弱。如果振动位移最大值为 P_m , 彩虹谱带宽为 ΔP , 滤波孔径宽度 b 满足 $b \approx \Delta P + 2P_m$, 就可以较好地平均噪声,而原信号图像不受影响。

滤波孔的振动频率可选择在 25 Hz 以上。这样,由于视觉暂留效应,人眼看到的将是一幅连续图像。也就是说,观察到的不再是以前明暗相间的噪声场,而是一比较均匀的平均灰度。振动频率、幅值的选择应与滤波孔宽的选择相互配合,以期达到理想的效果。

三、实验结果及分析

1. 随机振动器

频谱面滤波孔的随机振动是由一个随机振动器控制的^[6,7]。其机械部分如图 3 所示,铁皮做成的滤波器 A 上开有宽度为 b 的两个圆形滤波孔,两孔中心距 $2P_0$, P_0 由彩虹状衍射谱的位置决定。滤波器 A 由 4 根轻质弹簧固定在一个铝环上,在铝环的垂直与水平方向各固定着一个线圈。线圈电流由外电路控制,如果外电路信号是随机信号,那么产生的振动也将是随机的。

2. 实验光路

采用图 1 所示光路,输入面 P_1 上放置待处理的光栅编码片,频谱面 P_2 上放置随机振动器,用摄像机将输出光场直接接收于显示屏上,这样可以实时地观察结果。

3. 实验结果及讨论

分别用灰度阶及卫星云图做为输入物,采用 30 l/mm 的 Ronchi 光栅对其进行编码,制成光栅编码片。在像平面可以观察到弱信号部分存在明显的颗粒噪声。实验中是选取 ± 1 级衍射谱进行处理的。当随机振动器在 ± 1 级谱附近产生一定频率与幅值的振动时,从显示屏上可以观察到像面颗粒噪声位置不发生变化,但其宽度与强度发生了改变,颗粒区有明暗的变化。调节随机信号的频率与振幅,配合滤波孔宽 b 的选择,直到在显示屏上得到一个比较满意的结果。

图 4 为灰度阶编码片在振动前后的输出图像对比结果。根据编码片的衍射特性,在编码时曝光量一定的情况下,物片的某一透过率 $f_0(x, y)$ 有最大的非零级衍射光强。对于灰度阶编码片也存在这样一个 $f_0(x, y)$ 的透过率级次,其 ± 1 级衍射强度最大,而透过率低于 $f_0(x, y)$ 的灰度级次,衍射效率比较低,同时由于信号弱。因此输出信噪比降低,在这一部

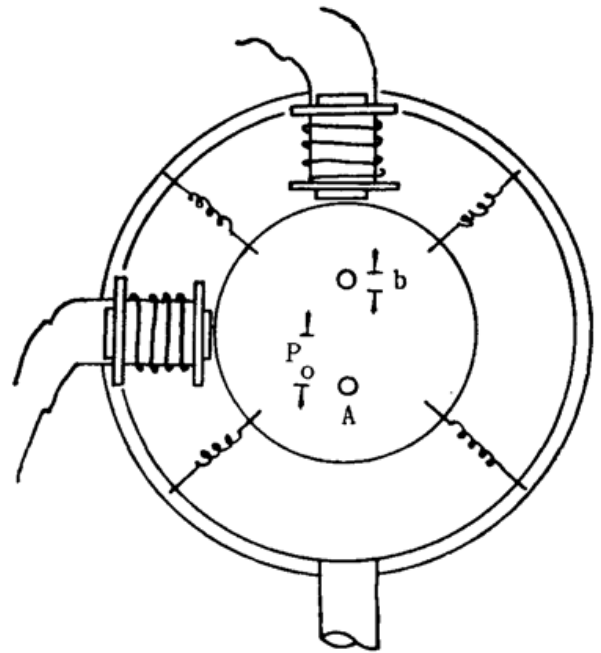


Fig. 3 Random vibrator

分可以观察到比较明显的颗粒噪声。编码片中灰度阶之外是信号很弱的区域,噪声颗粒非常明显。经谱面滤波器在 ± 1 级衍射谱附近做随机振动后,图像有了显著的改善,原先颗粒起伏比较大的区域,呈现一比较均匀的灰度层次。

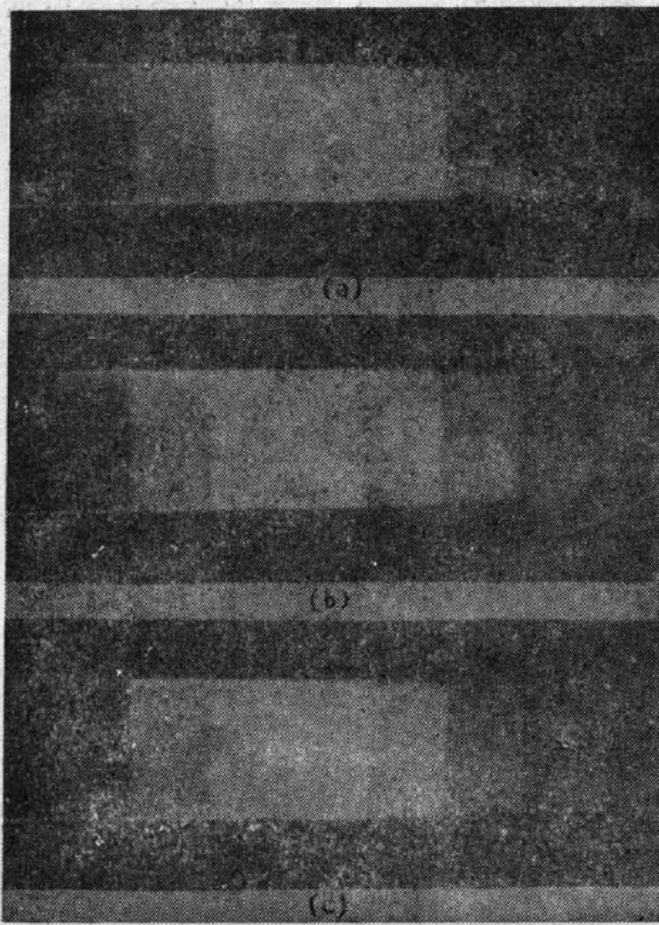


Fig. 4 Output images of grey-level encoded film with and without the "Random Vibration"

- (a) without vibration (b about 2.5 mm)
- (b) without vibration (b about 3 mm)
- (c) with vibration (b about 3 mm)

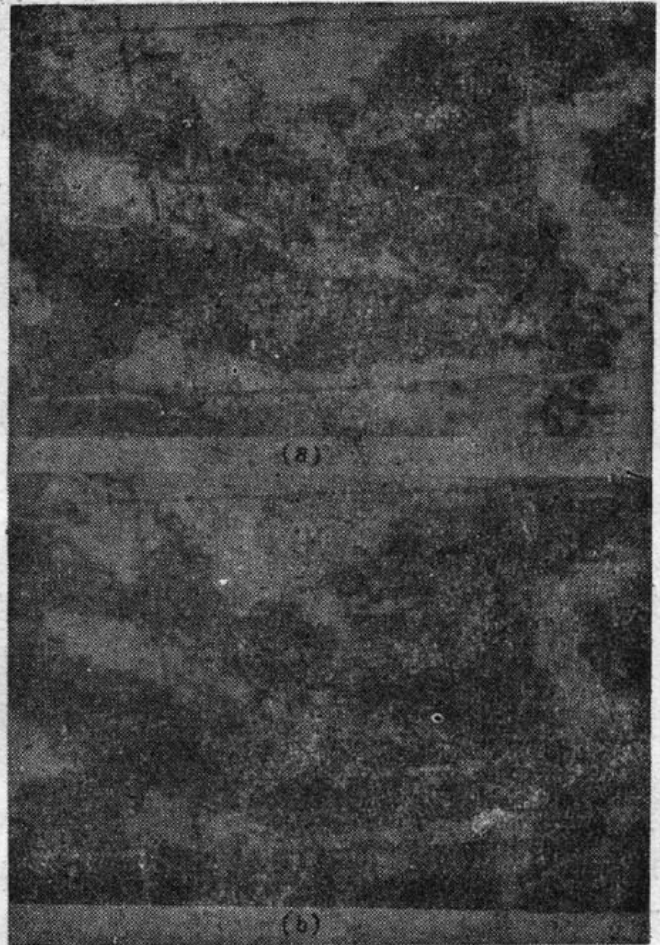


Fig. 5 The output image of the cloud chart encoded film with and without the "Random Vibration"

- (a) without vibration;
- (b) with vibration

图 5 为对卫星云图编码片进行振动滤波处理前后所得到的结果,由它们的对比可以看出颗粒噪声受到了抑制。

两种处理过程中,电信号频率为 25 Hz 左右,两路独立的功放输出约为 12 W,孔宽 b 近似为 3.0 mm,滤波孔位置 P_0 由一级衍射谱决定,由于焦距为 240 mm, $\bar{\lambda}$ 为 5000 Å,光栅周期 30 l/mm, P_0 约为 3.6 mm。频谱面滤波孔最大位移 $2P_m$ 约为 1.5 mm。原物图像没有受到影响。

图 4(a) 为滤波孔宽为 2.5 mm 左右时,不振动情况下的灰度阶编码片的输出图像,与图 4(b) 进行对比,说明虽然适当缩小了滤波孔径,但弱信号区的颗粒噪声并无明显的改善。

四、结 论

白光处理系统中光栅编码片成像结果,弱信号部分出现明显的颗粒噪声,它主要来自于

输入面上的振幅型颗粒噪声。如果频谱面滤波孔的位置发生变化,噪声颗粒的宽度和强度都会发生改变,基于这种现象可以采用使傅里叶面的滤波孔在衍射谱附近做随机振动的方法抑制颗粒噪声。这种方法的主要优点是原物图像不受影响,而噪声得到较好的抑制,当采用高质量的编码光栅与胶片,适当选取滤波孔宽仍然无法摆脱颗粒噪声的影响时,随机振动法尽管比较复杂些,却可以得到较为满意的成像质量。实验结果也证实了这一点。

参 考 文 献

- [1] F. T. S. Yu; *White Light Optical Signal Processing*, (John Wiley & Sons 1985), 118~151.
- [2] F. T. S. Yu, K. S. Shaik *et al.*; *Appl. Phys.*, 1985, **B36**, No. 1 (Jan), 11.
- [3] F. T. S. Yu, K. S. Shaik *et al.*; *J. O. S. A.*, 1984, **A1**, No. 5 (May), 489.
- [4] 方志良,周春燕等;《物理学报》,1990, **39**, No. 5。
- [5] 杨振寰;《光学信息处理》,(母国光等译,南开大学出版社,天津,1986)。
- [6] M. De. Caluwe; *Opt. and Lasers in Engineering*, 1982, **3**, 229~233.
- [7] 陈祯培,李继陶等;《中国激光》,1985, **12**, No. 12 (Dec), 726。

Suppression of film-grain noise in white-light optical processing system with random vibration method

ZHOU CHUNYAN, FANG ZHILIANG, XU XIN, AND MU GUOGUANG
(*Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin*)

(Received 16 January 1990; revised 2 May 1990)

Abstract

In a white-light optical processing system, if the filter apertures vibrate randomly around the rainbow diffraction spectra at Fourier plane, the amplitude grain noise of the grating encoded film in the output plane can be suppressed considerably and the output SNR is improved. Experimental results are given in this paper.

Key words: white-light optical processing system; the grating encoded film; the amplitude grain noise.