

文章编号: 1001-3806(2004)05-0539-04

光干涉图阴影校正

庆安, 陈 磊, 颜加军

(南京理工大学 电子工程与光电技术学院, 南京 210094)

摘要: 介绍了阴影噪声校正的方法, 对干涉图中阴影噪声的类型进行说明, 提出了在空域上对干涉图中加性阴影噪声校正的模板分块取最小值法和手动判据法以及乘性阴影噪声校正的高斯模糊方法, 并且进行了理论分析和实际干涉图像处理, 验证了其可行性, 同时得到比较理想的结果。

关键词: 干涉图处理; 阴影校正; 加性噪声; 乘性噪声; 高斯模糊

中图分类号: TN911.73 **文献标识码:** A

Shadow correction of optic interferogram

DING Qing-an, CHEN Lei, YAN Jia-jun

(College of Electrical and Optical, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: The types of shadow noise in interferogram are accounted for and the methods of shadow correction are introduced briefly. This paper puts forward the minimal value method in each template block and the manual criterion method to correct additive noise and the Gaussian blur method to correct multiplicative noise in the spatial field. The methods are analyzed theoretically and applied to process the interferogram to be proved to be feasible and get the satisfied result.

Key words: interferogram process; shadow correction; additive noise; multiplicative noise; Gaussian blur

引 言

干涉图像的分析 and 处理都是建立在所获取图像真实和清晰的基础之上的, 然而经过成像系统获取的图像往往存在阴影干扰, 这是由于光学元件不清洁、光照度不均匀、光源不稳定性、外界光干扰、探测器靶面响应不一致等原因造成的。阴影干扰属于低频干扰, 其存在影响到图像的真实性, 往往会导致图像在某些区域内的不同程度的连片阴影, 就会产生目标图像的细节断裂或者相互重叠。如此便很难把目标图像和背景区分开来, 干涉图后期处理比如二值化、细化、条纹计数、标定级次等^[1]就没有办法进行下去。为了能够顺利完成干涉图处理, 进行干涉图阴影校正是有必要的, 采用的方法大致可以分为两种: 一是从光路考虑, 在获取干涉图的过程中尽可能主动得排除有可能造成阴影因素; 二是对阴影干涉图进行计算机软件校正, 被动地消除阴影的影响。

作者简介: 丁庆安(1976), 男, 硕士, 主要从事光干涉图像处理的研究。

E-mail: chenlei@mail.njust.edu.cn

收稿日期: 2003-09-18; 收到修改稿日期: 2003-12-24

由于造成阴影因素的随机性和光路器件的限制, 干涉图不可避免地存在阴影干扰。所以, 应该在尽可能获取背景均匀图像的基础上, 同时应用计算机软件处理。本文中对阴影干涉图计算机软件校正的方法进行了论述。

1 阴影校正的原理和方法

图像阴影也可以认为是不均匀亮度背景, 假设 $s(x, y)$ 为带有阴影的图像, $f(x, y)$ 为理想的图像 (背景亮度均匀), 这也是所需要的处理结果, 其中 x, y 为图像中像素点的坐标, 因此有:

$$s(x, y) = e[f(x, y)] \quad (1)$$

式中, e 可以认为是 $f(x, y)$ 到 $s(x, y)$ 的非均匀映射, 问题的关键就在于 e 的确定。

1.1 图像阴影的类型

阴影可看成随机、低频的噪声信号, 按照信号和噪声的关系可以分成加性阴影噪声和乘性阴影噪声^[2]。假设背景阴影噪声为 $b(x, y)$, 则可按以下情况描述阴影噪声。

1.1.1 加性阴影噪声 背景噪声 $b(x, y)$ 叠加在理想图像 $f(x, y)$ 上, (1) 式改写为:

$$s(x, y) = b(x, y) + f(x, y) \quad (2)$$

$$f(x, y) = s(x, y) - b(x, y) \quad (3)$$

1.1.2 乘性阴影噪声 背景噪声 $b(x, y)$ 和理想图像 $f(x, y)$ 的乘积, (1) 式改写为:

$$s(x, y) = b(x, y) \times f(x, y) \quad (4)$$

$$f(x, y) = s(x, y) / b(x, y) \quad (5)$$

1.1.3 复合阴影噪声 在一幅存有背景阴影干涉图中往往加性和乘性阴影并存, 只是所占的比例不同而已。但是对于来自于相干成像系统的图像比如合成孔径雷达图像、干涉图像, 乘性噪声更加突出。在本文中为了便于说明问题, 对于这两种阴影噪声的处理分开解释。

1.2 阴影校正的处理方法

阴影校正按照处理域的不同分为频域和空域处理方法, 在实现方面上又可以分为硬件^[3]、软件^[4]和二者结合实现。频域处理^[5]就是把 $s(x, y)$ 从空域转化到频域 $S(x, y)$, 然后利用高通滤波器滤除低频阴影噪声, 再通过空域到频域反变换, 就可以得到 $f(x, y)$ 。这种方法的优点是可以方便地调节滤波函数, 缺点是计算量大、处理速度比较慢。空域处理由于不需要到频域的转换, 处理速度显著提高, 本文中采用空域滤波。对于不同的阴影噪声, 对应不同的空域处理方法, 下面具体说明。

1.2.1 空域处理加性阴影噪声 从(3)式可以知道, 如果要获得理想的图像 $f(x, y)$, 关键是背景阴影噪声 $b(x, y)$ 的确定, 由于 $b(x, y)$ 为缓慢变换的低频信号, 而在一定大小的邻域内由于其变化较为平缓可被视为常量, 取适当的模板做邻域平均得到低频分量 $b_{ave}(x, y)$ 或者取邻域最小值得到低频分量 $b_{min}(x, y)$, 如果这种分量能够反映背景阴影的变化, 通过 $s(x, y) - b_{ave}(x, y)$ 或者 $s(x, y) - b_{min}(x, y)$ 运算就可以起到抑制背景阴影的效果。还可以采用手动设置阈值 T 的方法来获取低频分量 $b_{min}(x, y)$, 即在 $s(x, y)$ 中所有大于阈值 T 的像素点设置灰度值为 T , 所有小于阈值 T 的像素点灰度保持不变。

1.2.2 空域处理乘性阴影噪声 对于乘性噪声的处理往往用到同态滤波^[6]的方法, 即经过对数变换把乘性噪声转化到加性噪声, 利用加性噪声的处理方法进行处理后再转换回来。乘性噪声模型有很多种, 比如指数型、 x^2 型和 Gaussian 型等, 相对应的也有不同抑制乘性噪声的方法^[7]。在本文中采用高低通滤波的方法, 通过选取适当的高斯模糊半径(高斯模糊应用的是钟形高斯曲线, 模糊半径值的变化

范围为 1.0 像素~ 250.0 像素, 其值越小越模糊效果越弱, 反之效果越突出), 可将干涉条纹信息有效滤除, 从而获取反映背景阴影变化的低频分量 $b_G(x, y)$ 。将 $s(x, y)$ 和 $b_G(x, y)$ 做商运算, 去除背景的影响。从所得到的结果可以看出, 背景阴影受到明显地抑制。

1.3 阴影校正结果的评判标准

理想的背景应该光照均匀, 亦即背景灰度为常数。目前尚没有评判阴影校正结果的定量标准, 但是可以通过以下的方法对比处理前后的图像, 进行判断处理的效果: (1) 用肉眼观察图像, 是否有明显的不均匀; (2) 取一行或者一列数据作剖面图, 查看其基准数据是否为常数; (3) 通过图像分割比如通过阈值二值化, 查看图像有效信息的损失程度。

2 阴影校正的算法实现

2.1 加性阴影噪声校正算法实现

本文中对加性阴影噪声校正算法采用模板分块取最小值和手动判据法。

2.1.1 模板分块取最小值法 step1: 设定模板大小 $m \times m$ (其大小主要取决于图像大小、运算速度和背景图像精度要求等条件, 一般设置为 16×16 像素大小), 把 $m \times m$ 区域压缩成一个点并把 $m \times m$ 上的最小值作为其像素值, 得到压缩后的背景图像 $b_m(x, y)$; step2: 利用插值计算^[8], 把最小值背景图像 $b_m(x, y)$ 扩充到原图大小得到 $b_{min}(x, y)$; step3: 原图 $s(x, y)$ 和背景图像 $b_{min}(x, y)$ 相减; step4: 调节灰度动态范围; step5: 观察效果, 如不满意, 跳到 step1 重新设定模板大小, 重复进行; step6: 得到背景均匀的干涉图。

2.1.2 手动判据法 step1: 手动设定一个灰度阈值 T ; step2: 把阈值 T 与原图像中的每一像素点进行比较, 小于阈值的保持不变, 大于阈值设定为阈值, 得到背景图像 $b_{man}(x, y)$; step3: 原图 $s(x, y)$ 和背景图像 $b_{man}(x, y)$ 相减; step4: 调节灰度动态范围; step5: 观察效果, 如不满意, 跳到 step1 重新设定阈值, 重复以上的过程; step6: 得到背景均匀的干涉图。

2.2 空域乘性阴影噪声的校正

step1: 设定某一高斯模糊半径, 其值大小以无明显干涉条纹为基准; step2: 进行高斯变换得到背景图像 $b_G(x, y)$; step3: 原图 $s(x, y)$ 和背景图像 $b_G(x, y)$ 作商; step4: 观察效果, 如不满意, 跳到 step1 重新设定高斯模糊半径, 重复以上的过程; step5: 得到背景均匀的干涉图。

3 阴影校正的处理结果

3.1 加性阴影噪声处理结果

3.1.1 处理前 从原图可以明显看出背景不均匀, 做二值化处理时, 如图 1 中所示, 如果阈值过大会造成目标图像的丢失; 而阈值过低目标图像会连接、重叠在一起。

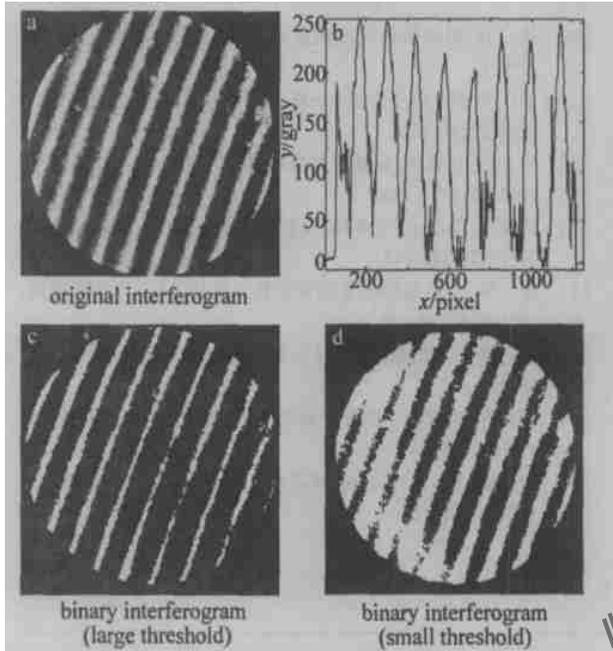


Fig. 1 Original interferogram with additive noise

3.1.2 模板分块取最小值处理结果 处理参数为 64×64 像素点模板分块取最小值, 二次线性插值扩充背景。处理结果见图 2。

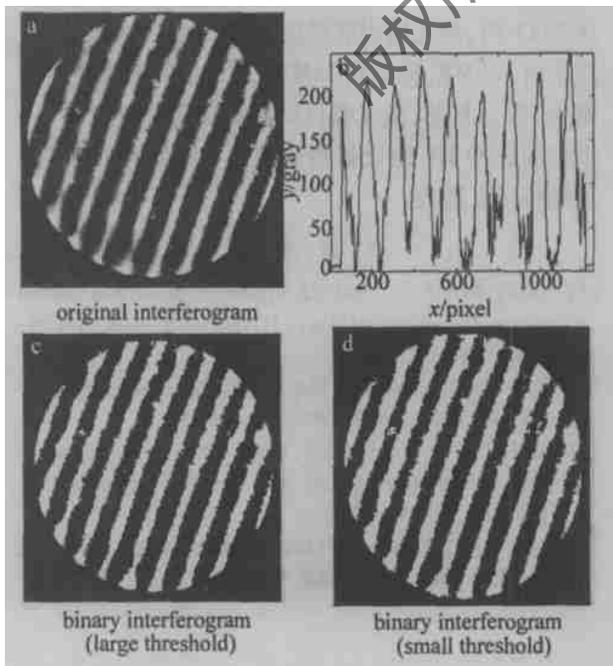


Fig. 2 Processed interferogram by the minimal value's method

3.1.3 手动判据处理结果 处理参数为手动设置阈值 102 灰度级。处理结果见图 3。

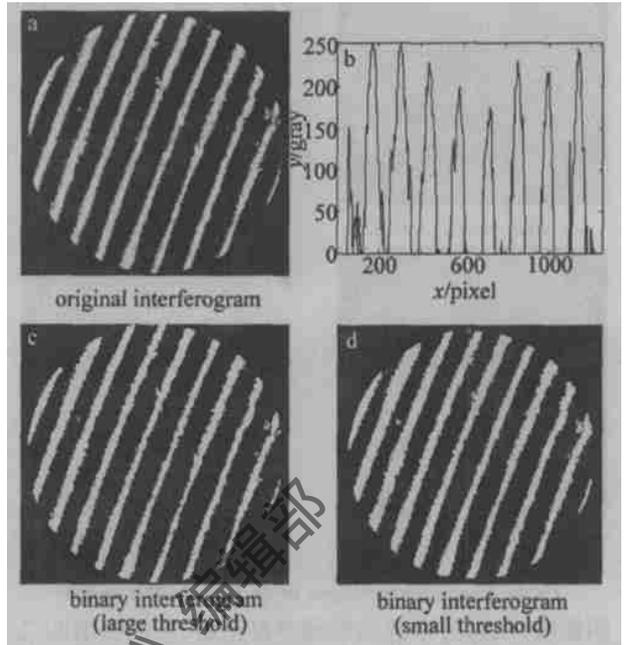


Fig. 3 Processed interferogram by the manual criterion's method

从处理的结果来看, 该方法明显地抑制了阴影噪声, 比较而言, 本小节中的处理结果比 3.1.2 节的更理想, 但都达到了满意的效果。

3.2 乘性阴影噪声处理结果

3.2.1 处理前 在图 4 中, 图像灰度中间亮, 四周暗, 上下灰度差别更大。

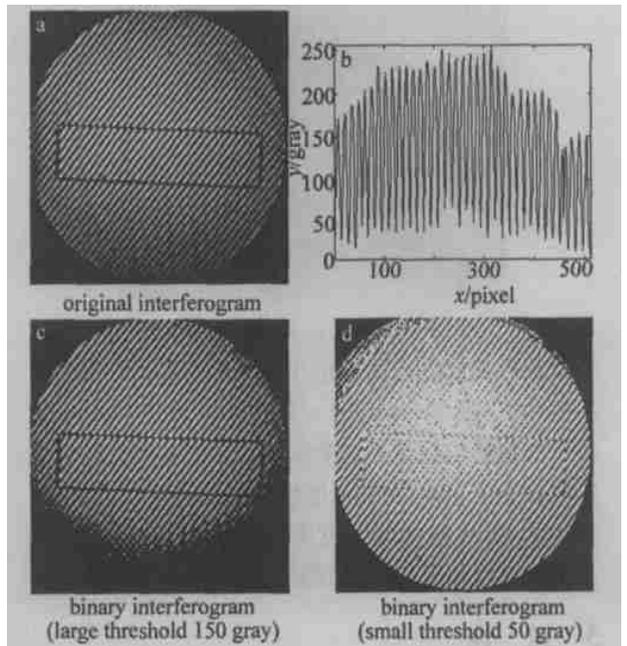


Fig. 4 Interferogram with multipliable noise

3.2.2 处理后 处理参数为高斯模糊半径是 50 像素。处理结果见图 5。

在干涉图中存在的背景阴影往往更多的是乘性

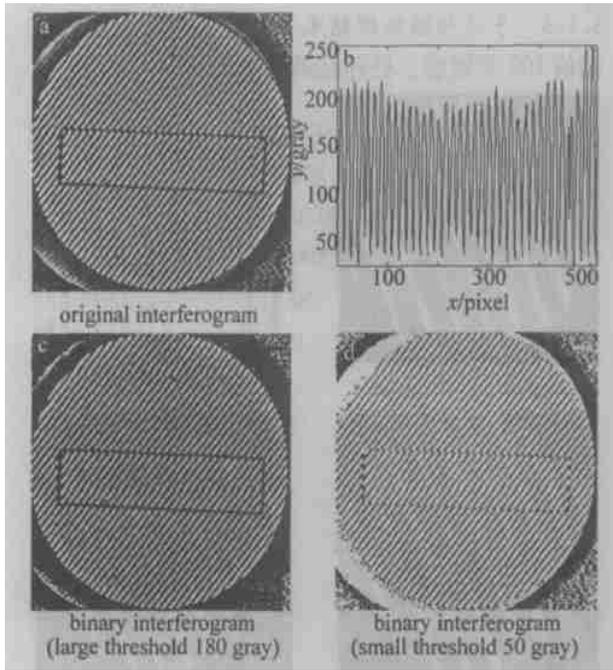


Fig. 5 Processed interferogram by the Gaussian blur method

阴影噪声, 经过乘性阴影噪声校正后, 从剖面图和二值化图中可以看出达到了比较理想的效果。

4 结束语

处理了带有阴影噪声的干涉图, 取得了比较理

(上接第 481 页)



Fig. 5 Near field zone of laser emission

中也观察到放电截面近似于矩形, 但靠近平板电极一侧稍宽, 而 Ernst 电极一侧较窄。放电后电极上留下的痕迹也验证了这个现象, Ernst 电极上放电痕迹宽度为 3.5cm, 而平板电极放电痕迹宽度为 4cm。实际的 Ernst 电极放电宽度未达到设计宽度, 进一步提升充电电压可以得到更高能量的激光输出。

3 结论

实验结果表明, 火花预电离方案可以用于大体

想的效果, 说明这些方法不但在理论上是可行的, 而且也有重要的实用价值, 还可以应用其它方面的图像处理。当然这些方法还有许多可改进之处, 比如: 图像背景阴影噪声类型的判断、最佳背景图像的获取和最佳处理结果的评价等, 还需要进一步的研究探讨。

参 考 文 献

- [1] 陈 磊. 图像采集与波面复原 [D]. 南京: 南京理工大学, 1990. 1.
- [2] 胡广书. 数字信号处理——理论、算法和实现 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1996. 11~ 13.
- [3] 吕 芝, 马世芳. 显微图像阴影校正的设计 [J]. 计算机报, 1992, 10: 797~ 780.
- [4] 许龙律, 周洪玉, 王学林. 用软件实现阴影校正 [J]. 电脑学习, 1993, 3: 42~ 45.
- [5] 李 军. 金相显微图像的阴影校正算法 [J]. 计算机应用, 2001, 2(6): 34~ 36.
- [6] 宗孔德. 数字信号处理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1988. 23~ 30.
- [7] 李朝辉. 抑制数字图像中乘性噪声的方法 [J]. 电子科学学报, 1993, 15(3): 235~ 240.
- [8] 李庆扬, 关 冶, 白峰杉. 数值计算原理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001. 6.

积横向放电的脉冲 HF 激光器中。通过采用紧凑的结构安排, 将放电体积从 0.12L 扩大到 1.8L, 仍然能在合适气压下的 SF_6 和 C_2H_6 混合气中获得均匀稳定的放电。在总气压为 12.6kPa、最高充电电压 45kV 时, 激光输出脉冲能量为 3J, 激光脉冲峰值功率由 1.5MW 提高到 18MW, 激光器的电光转换效率为 1%。目前, 激光器仅运转于单脉冲模式下, 关于重频脉冲 HF 激光器的研究正在进行中, 这部分工作将另文发表。

参 考 文 献

- [1] GORYUNOV F G, GURKOV K V, LOMAEV M I. Pulsed chemical electric discharge SF_6/H_2 laser [J]. Quantum Electron, 1994, 24: 1064~ 1066.
- [2] LACOUR B, GAGNOL C, PRIGENT P. High average power HF/DF laser [J]. Proc SPIE, 1998, 3574: 334~ 340.
- [3] BULAEV V D, KULIKOV V V, PETIN V N. Experimental study of a nonchain HF laser on heavy hydrocarbons [J]. Quantum Electron, 2001, 31: 218~ 220.
- [4] 柯常军, 万重怡, 吴 谨. 气体组分和峰化电容对脉冲 HF 激光输出特性的影响 [J]. 中国激光, 2003, 30(1): 1~ 4.