

# 抑制相干成象激光散斑背景的一种实用方法

陈祯培 李继陶

(四川大学)

陈亚平

(温江师范专科学校)

**提要:** 本文介绍了光学随机振动器及其特性; 叙述了在相干成象系统中降低背景噪声方法的工作原理; 给出了使用光学随机振动器抑制相干背景噪声的实验结果。

## A practical method to suppress laser speckle noise in coherent imaging system

Chen Zhenpei, Li Jitao

(Sichuan University)

Chen Yaping

(Wenjiang Teachers College)

**Abstract:** In this paper the optical random vibrator and its basic characteristics are introduced. Also described is the principle of this method for reducing the coherent optical background noise in the coherent imaging system. Better experimental results are given of suppressing the coherent background noise by means of the optical random vibrator.

### 一、前言

由于激光的良好相干性, 在相干光学系统中常常出现散斑纹, 以背景的形式叠加在有用信息上面, 影响对有用信息的最佳分辨。因此在光学系统中有时需要降低或抑制激光散斑。曾有人使用转动毛玻璃的方法<sup>[1]</sup>, 以减少全息图再现象中的激光散斑背景噪声。这种方法因光能损失过大, 在相干成象系统中使用时常常带来困难。另外, 有的作者使

用振动反射镜法<sup>[2]</sup>、转动棱镜法<sup>[3]</sup>及在傅里叶频谱平面上装置软孔的方法<sup>[4]</sup>, 在相干成象系统中用来降低或抑制成象面上的相干噪声背景, 均使得系统变得较为复杂。近年来, 有的作者使用光学随机振动器装置系统<sup>[5]</sup>, 消除杨氏干涉纹中的散斑背景, 有良好的效果。我们改进了光学随机振动装置的有关电路参数, 用于相干成象光学系统, 直接减弱或消除图象信息中的散斑背景, 改善了图象质量。

收稿日期: 1984年10月9日。

## 二、工作原理

为了说明相干成象系统中抑制激光散斑的原理,先用下面的简图来解释。如图1所示,用一会聚光束照射毛玻璃片 $G$ 。这个会聚光束是由在 $S_1$ 点的激光源通过透镜 $L$ 造成的。在没有毛玻璃片的时候,透镜 $L$ 将光源成象在屏 $P$ 上 $S'_1$ 点,若将光源移动到 $S_2$ 点,则其象移动到 $S'_2$ 位置。当加入毛玻璃片 $G$ 时,来自光源 $S_1$ 经透镜的会聚光束,照明 $G$ 后,在屏 $P$ 上有激光散斑出现,在 $S'_1$ 处也有某一散斑点。现将光源移动至 $S_2$ ,在所给定的毛玻璃 $G$ 有一定粗糙程度情况下,只要位置移动不超过某一限度,这一位移将使得在屏 $P$ 上出现的散斑分布与光源在 $S_1$ 时出现的散斑分布相同,只不过发生了一个平移。即在 $S'_1$ 的散斑点平移至 $S'_2$ (若 $S_2$ 移动过大则这两个散斑分布图就不相同了)。如若 $S_2$ 移动量恰当,使得 $S'_1S'_2$ 的大小与斑点本身的大小相当,则当 $S_2$ 点在 $S_1$ 点附近随时间作随机振动时,屏 $P$ 上将形成时间平均的均匀亮度,降低了激光散斑的反差,起到了抑制激光散斑的作用。以上是将屏 $P$ 置于 $S_1$ 点的象平面来讨论的,实际上若将屏 $P$ 向 $G$ 移动,与两主光轴 $S_1S'_1$ 和 $S_2S'_2$ 相交的各对应点也有类似的情况,例如 $S''_1$ 、 $S''_2$ 点。

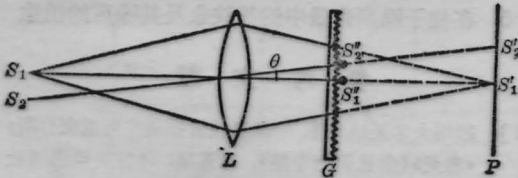


图1  $P$ 平面上散斑位置的变化

下面的相干成象装置中将利用这一原理。我们采用了如图2(上)所示的光路系统,其中第I部分为照明系统,第II部分是典型的成象光路系统。从He-Ne激光器来的光束入射到透镜 $L_1$ 、 $L_2$ 。 $L_2$ 是一个能够作随机振

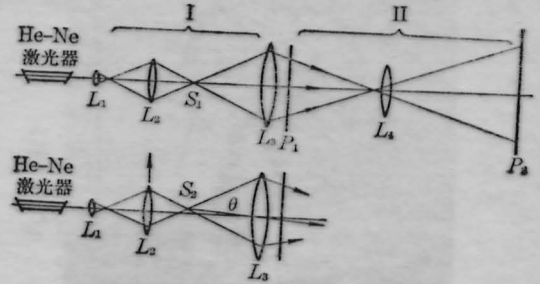


图2 相干成象系统光路

动的中间透镜,经 $L_3$ 透镜会聚照明输入透明图片 $P_1$ 上,该片包含有用的物信息与随机乳剂颗粒噪声等缺陷信息。经 $L_4$ 成象透镜,可将输入图片成象在输出平面 $P_2$ 上,在此象面上除物信息的象外,还有由于乳剂颗粒和成象不够理想等原因形成的激光散斑背景图象。这里的乳剂颗粒随机分布相当于图1中的毛玻璃 $G$ 的随机颗粒分布。

当透镜 $L_2$ 在垂直于光轴的平面上作随机振动时,使得 $S_1$ 点光源(相应于图1中的 $S_1$ )在一定范围内随机位移。在某一时刻, $S_1$ 适当地移动到 $S_2$ 处(见图2(下)),光束以 $\theta$ 角方向照明输入图片。这时图片上的随机乳剂颗粒及其它缺陷,经 $L_4$ 透镜成象后在 $P_2$ 平面上造成图象的散斑背景。它与 $S_1$ 作光源时造成的散斑背景发生平移。在一段时间内,因 $L_2$ 的随机振动, $S_1$ 点光源也随机振动,使得在 $P_2$ 平面上造成的散斑图象相互迭加,造成背景光强分布均匀化。这时对有用的物信息的象质影响极微,而相干背景噪声则受到了抑制。

## 三、实验与结果

上述的透镜式光学随机振动器,它由固定透镜 $L_2$ 的机械装置与电路驱动系统两部分元件组成,如图3所示。机械部分包括透镜1及固定透镜的低碳钢环2,钢环在电磁线圈3产生的磁场作用下能随机振动,电磁铁蕊4与钢环间距可按需要任意调整。钢环

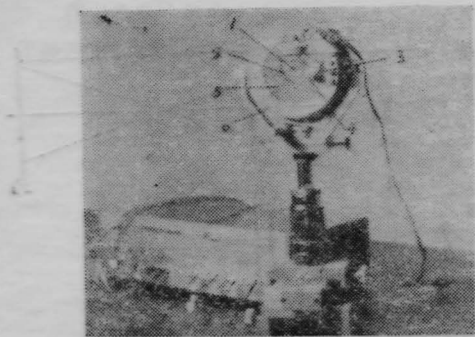


图3 光学随机振动器照片

由四个不带磁性的弹簧线圈5支在大套铝环6的中心位置。为消除系统的相干噪声，电路部分设计有一个随机信号发生器，其频率在50~1000 Hz，振幅在1~15 V之间随机变动，最大输出功率可达20 W。频带宽度和振幅大小可分别由旋钮7和8调节，两对线圈的相对输入功率也可由平衡调节旋钮9调整。

为了观察光学随机振动器对背景噪声的抑制或消除情况，我们将一个用超微粒干板制作的20线对/mm的罗奇光栅透明片放到图2光路的输入平面 $P_1$ 处，当准直光束照明光栅透明片后，光栅线条、乳剂颗粒及有关缺陷经系统成像后在输出平面 $P_2$ 处给出它的输出图象，其放大图片由图4(a)示出。图中光栅线条图象严重地受到相干噪声迭加的影响，使光栅线条图象信息不清晰。若使光学随机振动器的振动频率工作在100~1000 Hz范围，输入线圈的电压幅值在1~15 V范围内随机振动，这时其输出图象质量大为改善，如图4(b)所示。由图可知，这时光栅线条边缘清晰，噪声背景已被均匀化，完

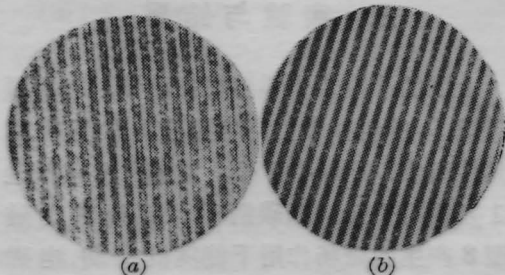


图4 罗奇光栅成像相干背景噪声及其消除

全观察不出噪声背景的影响。

图5(a)和图5(c)为具有花纹结构透明片的相干成像图片。图象信息的纹理结构与灰度调信息严重地受到背景噪声干扰，图5(a)左上部的叶瓣状图样的轮廓及其结构分布十分模糊，而图右边的网纹结构与灰度调变化均不清楚。经振动镜处理后所获得的相干成像图象的质量大有改善，背景噪声已被平均化，图5(b)示出了其良好的结果。图5(c)左侧的网纹结构与图中心部分的八角形花瓣图象，在背景噪声的淹没下，完全辨不清具体形状。经处理后的图象由图5(d)给出，其相应部分的图样质量均有提高，背景噪声均获得较好的抑制。

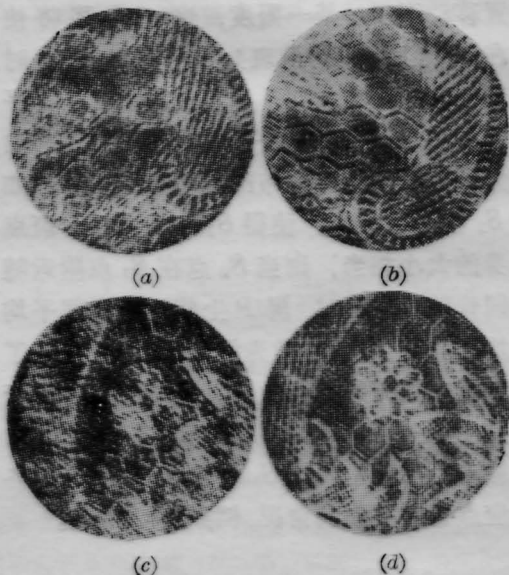


图5 在相干噪声背景中的花纹象及其噪声的消除

### 参考文献

- [1] 四川大学无线电系，中国科技情报研究所重庆分所；《激光》(全息照相专集)，第五集，科技文献出版社重庆分社，1973年，p. 125~127.
- [2] S. Santamaria *et al.*; *Appl. Opt.*, 1977, **6**, No. 6, 1513.
- [3] D. J. Cronin, A. E. Smith; *Opt. Eng.*, 1973, **12**, No. 1, 50.
- [4] Y. Kawagoe *et al.*; *Optics and Laser in Engineering*, 1982, No. 3, 197~218.
- [5] M. De Cacuwe; *Optics and Laser in Engineering*, 1982, No. 3, 229~233.