

具有复杂背景的全息干涉图的自动处理

吕跃广 姜铃珍 耿完桢 洪 晶

(哈尔滨工业大学 应用物理系)

提 要

本文对全息焊点检测的原理作了简要的介绍,针对检测中遇到的具有复杂背景的干涉图,提出了计算机自动处理与判别方法;完成了图像的背景抑制、噪声去除、平滑、细化及条纹的自动识别,获得了较好的结果。

关键词: 图像处理; 全息干涉计量; 无损检测。

一、引 言

在激光全息无损检测中,已经越来越多地利用计算机进行干涉图的自动处理与识别,特别是在可靠性和速度要求高的场合,更需要用计算机代替人工进行图像的判读。

印刷电路板焊点的焊接质量直接影响到电子产品的可靠性与稳定性。在现代航空与航天系统中,由一个焊点的问题,也可酿成大祸。目前焊点检测方法主要依靠自动视觉检测^[1]、红外^[2]和超声^[3]等检测方法。全息检测法首先是由 William^[4]提出,它不仅检测焊点的内部缺陷(如内部空洞、裂缝),而且与红外检测法相比,它对焊接过程没有特殊要求等优点。本文在激光全息焊点检测原理的实验基础上,采用了计算机图像处理技术对干涉图像进行处理与识别。由于干涉条纹是叠加在一系列复杂的背景之上,通过分析条纹的形成,设计出一种合适的算法,完成了条纹的背景抑制、噪声去除、平滑、分割、细化及判别。实验结果与焊点金相解剖结果符合较好。

二、实验原理及装置

实验系统装置如图1所示。由 He-Ne 激光器发出的激光经快门 K 后分成两束,一束作为物光,一束作为参考光。物光经扩束后通过条纹控制镜 M_1 照射到印刷电路板 (PCB) 上。首先拍摄一幅印刷电路板的全息像,干板经自动冲洗装置处理后,通过转动条纹控制镜 M_1 改变物光波矢量,可以控制系统的干涉条纹的疏密与走向。干涉图由变焦镜头成像到 CCD 摄像机像面。焊点由 YAG 固体激光器通过光纤输出 $1.06 \mu\text{m}$ 红外光逐点热加载。如果焊点不存在焊接缺陷,在适当的加载量下,焊点冷却后将恢复原来的状态,系统条纹不发生变化;如焊点有缺陷,加热冷却后,焊点会有残余形变,不能回到初始状态,因而系统的干涉条纹在这焊点附近会发生变化,出现弯曲、拐点等。图像经 CCD 电视摄像机取出后,由图

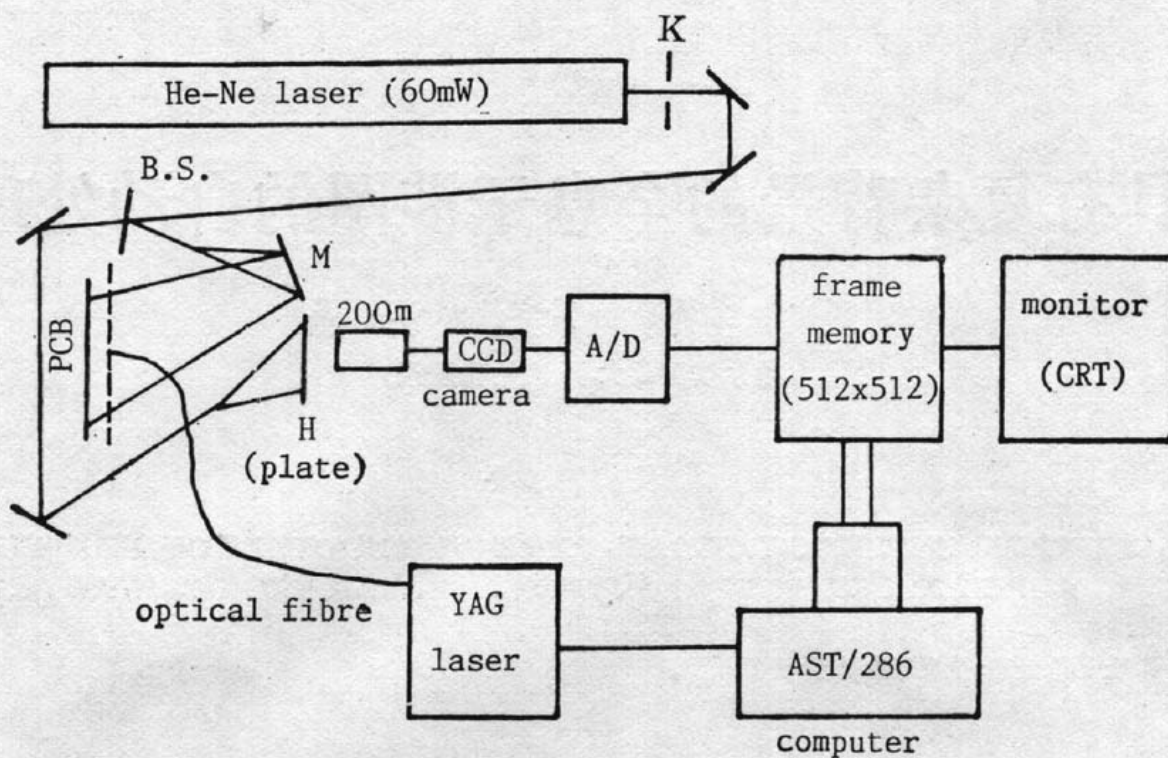


Fig. 1 Experimental setup

像采集板(512×512)量化,然后由计算机处理。

三、干涉图的自动处理与识别

在研讨焊点检测等一类问题中,系统条纹不仅包含有用的信息,且叠加上一系列复杂的背景,如图2所示,故直接进行一般图象处理有困难。本文采用以下程序:图像取出后首先设法除去强烈的背景,突出条纹信息,然后再去除激光散斑噪声及进行分割、细化与识别。

1. 背景及噪声去除

由全息学原理,干涉图在 CCD 摄像机像面的强度可以表示成

$$I(x, y) = A(x, y) \{1 + m(x, y) \cos[\Delta\Phi(x, y)]\}, \quad (1)$$

式中 $\Delta\Phi(x, y)$ 为与物体形变有关的相位角, $A(x, y)$ 为背景, $m(x, y)$ 为给定点 (x, y) 的条纹调制度。由(1)式可见,背景对条纹信息来说相当于乘性噪声,它可以方便地利用全息再现像近似代表背景。于是把干涉图与其相应的再现像相除,就可以实现条纹背景的抑制。



Fig. 2 The original image

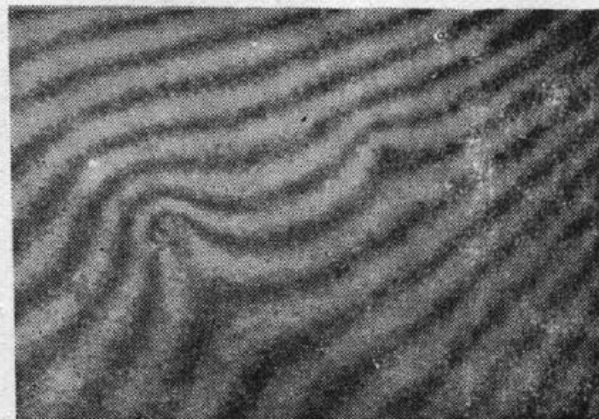


Fig. 3 Image after divide

图 2、图 3 分别为原始图像及原始图像与全息再现像相除以后的结果。

从图 3 可见,相除以后的图像显然突出了条纹信息,但由于激光散斑等影响,仍然存在许多噪声。由统计光学、散斑噪声一般可以看作是正态分布^[5],要除去这些噪声又能保护条纹边缘,可以使用 3×3 邻域的中值滤波^[6],把局部区域中恢复的中央值作为输出灰度。滤波后的图像再进行平滑处理,进一步消除高频噪声,以利于分割。平滑后的图像的直方图显示出明显的双峰特性,如图 4 所示。

2. 分割与细化

对平滑后的图像利用其直方图参数选择分割门限 T ,使得 T 在直方图的双峰中央,然后按下式分割:

$$P'(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{如 } \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{(i, j) \in \Omega} P(i, j) \leq T, \\ 255 & \text{其它。} \end{cases} \quad (2)$$

式中 Ω 是以 (i, j) 为中心点的一个邻域, m 是邻域中的像素数, $P(i, j)$ 是像素 (i, j) 的灰度级值。分割结果如图 5 所示。

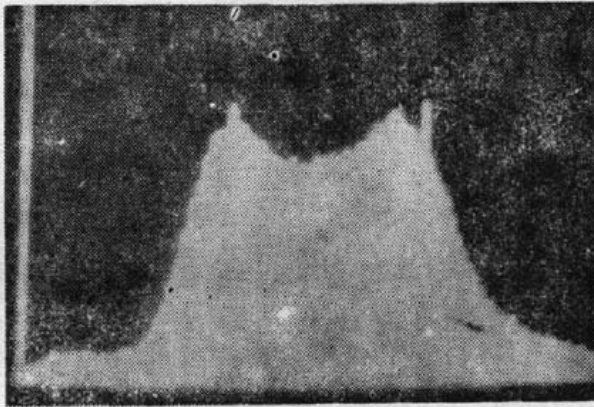


Fig. 4 Histogram after smoothing



Fig. 5 Segmentation

然后采用 Pavlidis^[7] 的方法对分割后的二值图像进行细化,即首先标定图像的边界点与内点,找出不能删除的单点与连接点,删除其它的边界点,进行多次上述循环,直到细化为止。其结果如图 6 所示。

3. 条纹识别

对细化后的条纹整体扫描,判断出条纹整体走向与平均条纹间距 d ; 然后对每一细条纹跟踪,如细条上的点偏离理想线(即平行于整体条纹走向,间隔为 d 的平行线)的距离大于 $(d/2)$, 则判断离此点最近的焊点为缺陷焊点,并标定其位置。在图 6 中,小方块表示出的 A (左下)、 B (右上)两处计算机判断为缺陷点。后经金相解剖证实: A 处焊点为虚焊, B 处焊点的内部有一个 0.3 mm 的空隙。

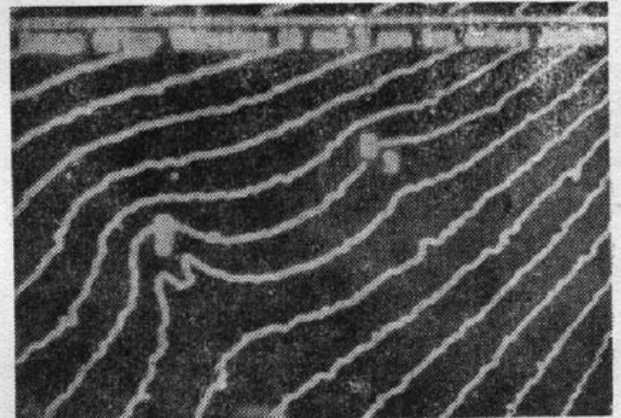


Fig. 6 Thinning and recognition

作者曾用此法对实际中多幅图像进行判别,并与人工判断进行比较,总的判断正确率大于 80% 。

参 考 文 献

- [1] Y. Nakagwa; *Proc. SPIE.*, 1982, **336**, 121~128.
- [2] R. Wanzetti, A. C. Traub; *Circuit World*, 1982, **8**, No. 4, 12~17.
- [3] D. Ensminger; *US Patent*, No. 4218922, Aug. 1980.
- [4] J. R. Williams; *NASA Report*, N72-11415, May 1971.
- [5] 刘培森:《散斑统计光学基础》, (科学出版社, 北京, 1987), 132~161.
- [6] A. Rosenfeld, A. C. Kak; *Digital Picture Processing*, (Academic Press, New York, 1982), 320~350.
- [7] T. Pavlidis; *Algorithms for Graphics And Image Processing*, (Computer Science Press, Inc., Rockville, 1982), 195~214.

Automatic processing of holographic interferogram with intense background

LU YUEGUANG, JIANG LINGZHEN, GENG WANZHEN AND HONG JING

(Department of Physics, Harbin Institute of Technology)

(Received 7 August 1989; revised 31 October 1989)

Abstract

The principle of defects inspecting in solder joints on printed circuit board (PCB) by holographic method has been described briefly in this paper. In order to processing interferogram with intense background by computer, some suitable methods have been suggested. We have accomplished image background and noise depressing, smoothing, thinning and recognition of the fringes. Satisfied results have been obtained.

Key words: image processing; holographic interferometry; nondestructive testing.