

SMT 生产线上的 AOI 技术的研究

Automated Optical Inspection in the SMT

季秀霞¹, 季秀兰²

(1. 广东工业大学 自动化学
院, 广州 510090;
2. 江苏食品职业技术学院
计算机应用技术系, 淮安
223003)

Ji Xiu-xia¹, Ji Xiu-lan²

(1. Automation College, GuangDong
University of Technology, Guangzhou
510090, China); 2. Department of
Computer Application Technology,
Jiangsu Food Science College,
Huai'an 223003, China)

摘要: 本文主要介绍了在微电子表面组装技术(SMT)中应用的自动光学检测(AOI)技术与系统的基本概况, 讨论了无铅化对AOI的影响, 并对SMT组装质量的AOI技术发展趋势进行了分析。

关键词: 表面贴装技术; 自动光学检测; 无铅焊接

中图分类号: TN606

文献标识码: A

文章编号: 1003-0107(2006)05-0017-03

Abstract: This paper mainly introduces the general situation of automatic optics inspection technology and system which are applied in surface mounting technology of micro-electronics, discusses the impact of the lead-free solder on AOI, analysis the developmental current of automatic optics inspection technology applied in surface mounting technology assembling.

Key words: SMT; AOI; Lead-free solder

CLC number: TN606

Document code: A

Article ID: 1003-0107(2006)05-0017-03

0. 引言

在微电子组装和制造业, 元器件越来越趋向于微型化和密集化, 表面贴装技术SMT (Surface Mounting Technology) 正是为了适应这种趋势而出现的一种新技术, 由于其可以减少元器件体积、提高安装密度和安装可靠性, 现在已经基本取代了传统的插孔元件安装和导线连接。

目前大部分SMT设备已经进入较成熟阶段, SMT工艺中使用的IC引脚间距已经接近0.3mm, 电路的组装密度逐渐趋于0.33mm~0.45mm间距^[1], 贴片元件也微型化, 0201型元件逐渐流行。然而, SMT在取得高速发展的同时也面临着巨大的挑战, 那就是SMT的检测技术问题, 随着SMT的产品组件之间的间隔变得越来越大, 出现的缺陷也就越来越多, 使用0201组件的实例中就清楚地证明了这一点(见图0-1和图0-2), 因此必须使用先进的检测设备, 检测SMT产品的质量, 才有可能最终消除缺陷。

人工视觉目检是一种传统的

检测方法, 即利用人的眼睛和简单的光学放大器件对电路板、焊膏印

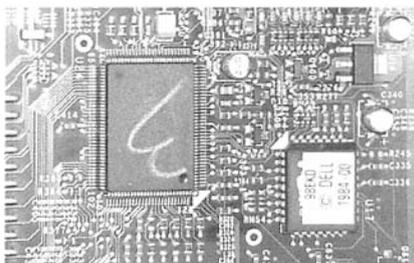


图0-1 SMT产品

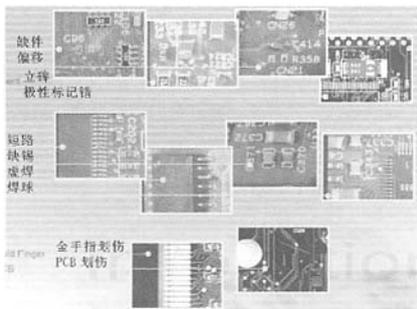


图0-2 SMT产品缺陷

刷、贴片、焊点等进行人工检查。由于人工目检效率低、工艺水平主观性强, 速度低而容易使生产线出现停顿, 且人工目检无法检测0201器件、01005器件等和其它各种新型封装的细密引脚, 因此现在已经

被自动光学检测(AOI)和自动X射线检测(AXI)所取代, 其中AXI设备在功能上优于纯光学系统, 然而在售价上是AOI产品的3~4倍, 因此一般应用在产品开发研制阶段, 生产线上使用的仍以AOI纯光学检测系统占多, 本文主要就是针对AOI检测系统进行研究。

1. AOI检测系统

整个AOI检测系统包括光源、PCB板和镜头精密移动机械、光学镜头、CCD光传感器、数字图像处理软件模块、模式识别软件模块等几个主要部分组成, 主要工作原理是用光学手段获取被测物图形, 然后以某种方法进行检验、分析和判断, 其工作流程如图1-1:

AOI作为一种有效的控制工具, 它的主要作用是检测PCB在制造过程中的缺陷或者防止缺陷的产生, 进行过程控制, AOI不但可对焊接质量等进行检查, 还可以对电路板、焊膏印刷质量、贴片质量等进行检查。它可以帮助制造商提高在线测试或功能测试的通过率、降低

成本、缩短新产品产能提升周期以及通过统计过程控制 (SPC) 改善成品率。

一般 AOI 放置在 SMT 贴片安装生产线上有三个重要位置, 分别是: 焊膏印刷后、再流焊前和再流焊后。具体的安放位置可以根据实

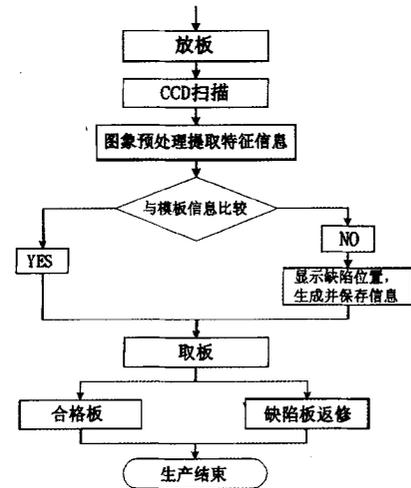


图 1-1 AOI 系统工作流程

施目标、生产线上的特殊生产问题来确定, 例如在生产线上应用时可以结合自动光学检测模块化设计的特点, 利用生产中的时间差, 在一条 SMT 生产线上用一台自动光学检测实现炉前检测和炉后检测的一机两用, 既节省资金又保证产品质量^[1]。

AOI 检测设备通常采用 CCD 镜头作为主要的检测手段。在使用 CCD 镜头摄取图像进行处理时, 图像比较直观, 采集到的图像进行数字二值化处理时技术较为简单, 可以很容易地检测到各种常见的缺陷, 属于二维检测, 另外它可以结合激光的检测手段, 准确地检测出高度, 如焊膏的高度, 元件的高度等, 属于三维检测, 目前三维测量的难点在于凸起圆片表面反射太强, 导致成像不好, 很多亮区。

SMT 贴片安装生产线上的 AOI 设备分为焊膏检测和贴片检测两大类。

焊膏检测难度最大, 主要有彩

色 3 色光源和多视角两种技术类型。焊膏检测通常是在锡膏印刷之后进行, 通过它可以发现印刷过程中的缺陷, 主要包括: 焊盘上焊膏漏印、焊膏不足、焊膏过多、边缘模糊、位置偏移、桥接等, 由于 60%~80% 焊接缺陷源于焊膏印刷质量差, 所以完善焊膏检测系统在努力提高生产率方面意义重大。

要进行有效的焊膏检测, 检测系统必须不仅能提供印刷焊膏的面积信息, 还应能提供其精确的体积和高度信息, 如果仅考虑面积信息而不顾及高度信息, 焊盘上焊膏量不足时也会导致不可靠的检测通过。在印刷焊膏固化以后, 采用多级摄像工艺技术、多照明角度和 2-D 系统, 就能快速、灵敏地捕捉到 PCB、焊接掩膜和焊膏外观的颜色变化, 采用 3-D 系统, 则能提供有关焊膏面积、以及焊膏高度和体积的精确信息, 还能根据金属痕迹、印板或焊接掩膜的表面, 确定焊膏厚度, 作 3D 测量的厂家以美国的 RVSI、比利时的 ICOS 和美国的 ScannerTech 为代表, 其中 ICOS 的 BGA3D 检测用的是双相机系统。

目前国外的 AOI 设备可以做到焊膏检测^[2-3], 如美国的 Agilent、YesTech、以色列的 Orbotech 和台湾 TRI 等公司的 AOI 设备采用的是单一白色环绕 LED 冷光源、多个镜头多视角位置差异的办法来检测焊膏厚度, 还有一些国外厂家的焊膏 AOI 设备采用的是用激光三角法来检测焊膏的厚度。

如图 1-2 左是欧姆龙的 VT-RNS 系列 AOI 的 3 色环绕光源示意图, 图 1-2 右是 3 色光源对焊膏厚度变化梯度的不同颜色反映示意图, 通过改变 R、G、B 三色的环形照明的照射角度, 照射在打印电路板上, 经镜面反向, 在其他摄录图像上收入焊锡的焊缝角。通过使用这种方法, 可形成细微的自由曲面, 焊接的 3 维形状, 可对应部件的焊接强

度进行高密度的检查。

图 1-3 左是激光三角法测量焊膏厚度的原理示意图, 图 1-3 右是激光三角法 3D 测量实拍图像。在测量时, AOI 的激光器从侧方向发射出几束平行条纹光, 这些条纹光不是垂直, 而是以与垂直方向呈一定的夹角 (如 30 度或 45 度) 发射的。当光束照射到 PCB 板和焊膏时, 由于焊膏图形有高度, CCD 镜头从上

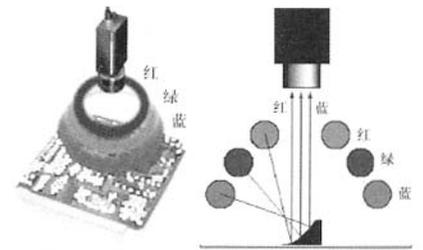


图 1-2 通过 3 色环绕光源来获取焊膏厚度彩色图像

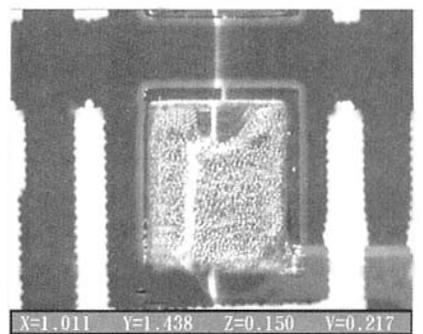
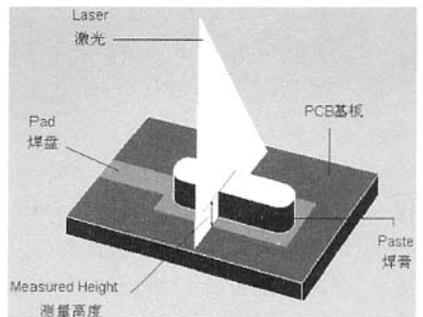


图 1-3 激光三角法焊膏厚度检测示意图

方摄取到的图像上就可以看到照射在焊膏上的光束和照射在 PCB 板上的光束有了位移差, 通过计算这个位移差就可以得到这束光束所在位置的高度。再通过算法将这些光束的高度组合起来就可以得到一幅三

维高度图，进而可以算出面积和体积。高度则是将各光束测得的高度值排列取中间值，用这种方法得到的高度值更接近真值，再配合每条光束细分出来的焊膏面积，这样计算出的体积值就更加接近实际值了。AOI 的激光器和 CCD 镜头的位置也可以互换，原理与上述相同。

针对器件的检测，通常是 SMT 生产线的再流焊前和再流焊后安装 AOI 检测系统。通常采用的是基于合格样板的学习和基于 SMT 的 CAD 数据检测^[4]。具体技术主要是基于预处理后的图像的模式识别，前者主要采用统计模式识别，通过学习建立合格图像模式，然后通过检测对象的图像和样例图像的对比处理和运算来得到检测识别结果，统计建模的概念最早是由 CyberOptics 提出的，现在国内外采用这项技术的有美国的 CyberOptics 以及中国深圳 Aleader，后者则对 CAD 数据进行归纳，总结出检测规则，然后根据规则进行句法模式，如韩国 Phoenix 公司生产的 AOI 设备。

2. 无铅化对 AOI 的影响

欧盟的两个指令 WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) 与 RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 实施日期日益临近，这意味着从 2006 年 7 月 1 日开始，销售到欧盟的所有电

子产品都必须实现无铅化组装，因此现在各生产厂家都逐步地开始采用去除了焊锡中铅成分的无铅焊锡。

焊锡中去除铅以后，焊点的外观发生变化不太大，和有铅焊点比起来，无铅焊点表面更粗糙、不平整，形成的圆角形状也不尽相同，这些视觉上的差异要求对 AOI 设备和软件进行重新校准。不过在检测无铅流程时，必须认真考虑流程中涉及的所有部件，包括无铅元件，而不只是无铅锡膏，当然，对于所有的 AOI 厂商和 SMT 制造商来说，肯定一直会有一个学习的过程，这是引入新产品和新流程时都要面对的问题。

2002 年英国的国家物理研究室对 6 种 AOI 系统的无铅焊检测能力进行了独立评估^[5]。这一研究使用专门设计的、具有广泛缺陷的测试电路板进行。结果展示了 AOI 系统良好的缺陷覆盖能力及通用的技术处理能力，当对无铅组件和常规有铅组件的检测使用相同的软件算法时，虽然在不同设备上测试结果略有差别，但是两者的错误检测率十分相似，大多 AOI 系统可以用于无铅表面安装组件的检测，有些使用彩色算法和依赖单色摄像机的系统在评估无铅焊点时会遇到问题。

3. AOI 的未来

随着 SMT 产品向高密度化、微型化、品种多样化发展，相信 AOI 系统的测试范围必然越来越广，测试精

度和速度也必然越来越高。

但是 AOI 测试技术也存在不足，现在 SMT 生产线上的 AOI 系统只是能够对已经发生的缺陷进行检测，系统本身几乎不具有自动分析，诊断的功能，也没有办法发出信号给具体的设备，修改其程序。随着电子技术的进一步发展，需要检测的信息量大且复杂，无论是在检测反馈实时性方面，还是在分析、诊断的正确性方面，依赖人工对 AOI 获取的质量信息进行分析、诊断几乎已经不可能。为此，代替人工进行自动分析、诊断的智能 AOI 技术成为发展的必然。◆

参考文献：

[1] 祝长青. AOI 在研究所型 SMT 生产线上的一机两用实践[J]. 电子工业技术, 2005(5):147-149.

[2] 以色列 Orbotech 视觉检查机电子产品介绍. <http://www.ednsmt.com>. 2005.

[3] YTV Formula 系列 AOI 自动 PCB 光学检测. <http://www.yestechinc.com.cn>. 2005.

[4] Stig Oresjo. Test and Inspection as part of the lead-free manufacturing process[J]. Proceedings of the ECWC 10 Conference at IPC Printed Circuits Expo, Apex and Designer Summit 2005, Anaheim, Calif., Feb. 22-24, 2005:512-520.

[5] Michael Smith. Test and Inspection of Lead-Free Assemblies <http://www.Teradyne.com/atd/resource/docs/testStation/mikeLfa.pdf>. 2004

答案



1. A、C、D	2. A、D
3. A、B	4. B、C、D
5. A、B、C	6. A、C
7. A、B、D	8. A、B、D
9. A、B、C、D	10. A、B、C、D