

在线自动光学外观检测系统的设计

朱艳芹

(惠州经济职业技术学院机电工程系 惠州 516057)

摘要: 国内半导体制造行业经过几十年的产品生产及技术升级,其产品已向微型化发展。与此同时,外观检测还保持着人工方式,这也受到了下游客户的越来越多的质疑及挑战。基于此,自动光学检测系统的引入就被提到了紧要的地位。该系统采用嵌入式微控制器加彩色线阵 CCD 捕获产品原始图像,然后通过滤波、边缘检测等实现被测产品的在线检测、分析判断并通过巧妙的机构来实现不良品的自动剔除。经过实际生产检验,该系统图像捕获、处理及分析均准确可靠,并实现了 10 pcs/s 的产品图检测及剔除。

关键词: 控制系统;DSP;边缘检测

中图分类号: TP2 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 470.4017

Design of online automatic optical inspection system

Zhu Yanqin

(Department of Electrical Engineering, Huizhou Economics and Polytechnic College, Huizhou 516057, China)

Abstract: After decades of production and technology upgrades, domestic semiconductor manufacturing is toward the miniaturization. Meanwhile, the visual inspection is still maintaining a manual way, which also has received more customer questions and challenges. Based on this, the introduction of an automatic optical inspection (AOI) system is referring to critical positions. This system captures the pictures with an embedded microcontroller and color linearity CCD camera, and then products through filtering, edge detection to achieve the online detection, analyze and removing of defects. After production validated, the image capture, processing, and analysis of the system are accurate and reliable, and inspection/removing speed reach to 10pcs/sec.

Keywords: control system; DSP; edge detection

1 引言

对于半导体行业的 0603,0805 的标准元器件的焊接检测主要采用 5 倍放大镜头目检,不仅工时过长、劳动强度大,且误判,漏判过多。与此相比,结合光电技术的非接触式检测方法则具有很多优势,特别是基于机器视觉的检测方法具有自动、高速、高精度等优点,完全克服了人工检查的弊端。20 世纪 80 年代,美国国家标准局预计,今后检测任务的 80% 将由机器视觉系统来完成。进入 21 世纪,TS16949 标准也把是否由机器视觉检测作为稽核供应商质量体系的重要环节来执行^[1]。而在国内,虽然理论研究同国际水平跟进很快,但是实际的应用等方面还相对落后。

该文就针对 0603 及 0805 尺寸的标准元器件的电极焊接质量好坏,设计一套自动在线光学检测系统。检测速度可以最大做到 10 pcs/s,检测精度为 0.02 mm。

2 图像的采集与前端处理

本系统采用在线检测及提出,直接影响闭环系统的精度的因素有实际车间的噪音和生产线的震动干扰、前端检测元件回传信号的分辨率、精度和稳定性等指标。整个传

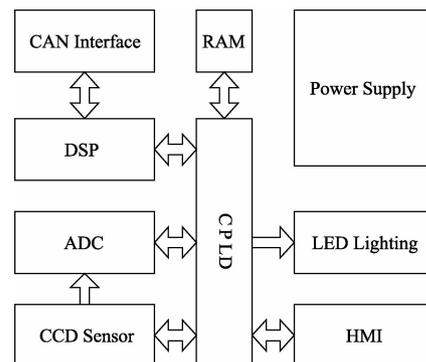


图 1 传感器硬件

收稿日期:2015-04

传感器的硬件框架关系如图1所示。硬件由以下部分组成^[2]：

2.1 彩色线阵 CCD 传感器与 A/D 转换器

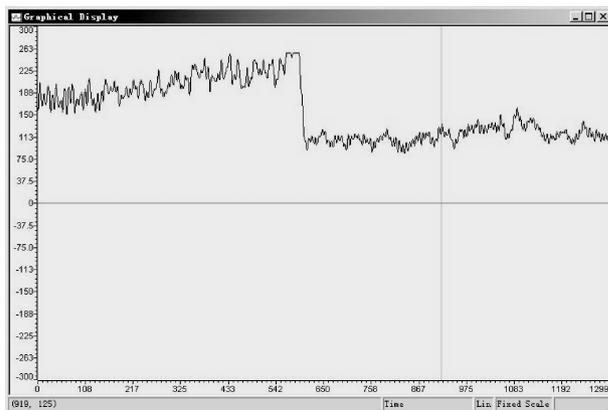
该部分为整个传感器系统的前端器件与数模转换器，为 DSP 算法提供数据源。根据系统指标要求，首先计算得到图像采集速度为每秒 $3 \times 2048 \times 200$ 个，即像素点的采集速度需要高于 1.3 MHz。为了保证识别不同图像的准确率，每个像素的构成为 RGB 三色，每色用 8 比特数据表示，则一个像素需要 24 比特数据，即数据采集速度为 31.2 Mbit/s。因此，选择 SONY 公司的 ILX533K 彩色线阵 CCD 作为图像传感器，该器件像素点为 8100 个，分 3 行 RGB 排列，像素大小为 $8 \mu\text{m} \times 8 \mu\text{m}$ ，可以满足采样分辨率要求^[3]。该线阵 CCD 传感器输出的是模拟电压信号，因此，需要模数转换器件将该模拟信号转换成 DSP 可支持的数字信号。本系统中，选用美国国家半导体公司的 LM9822 CCD 模拟前端芯片作为模数转换器^[4]。

2.2 数字信号的处理

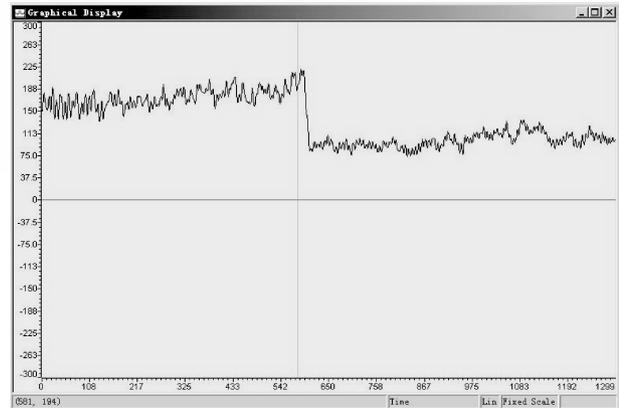
该部分负责系统任务调度与算法实现。由于前端信号数据量大，要求处理的实时性高，本系统选择 TI 公司型号为 TMS320F2812 的 DSP，该器件以 150MIPS 工作，足以完成数据吞吐与算法^[5]。同时数字逻辑电路采用 ALTRA 公司的 CPLD，型号为 EPM1270^[6]。负责传感器与控制器的通信。正常工作时，传感器向控制器发送待追踪目标的位置信息；控制器可通过 CAN 接口进行传感器参数察看与修改。

3 光路设计

由于被检测的芯片有陶瓷体和银电极，它们分别属于亚光型和镜面型。如果采用直射光源，则直射光会被电极镜面反射回来，这样的话再加之光源如果强度过高将导致反射光在空间上没有线形而无法识别。然而电极的面积相对陶瓷体小很多，并通过使用直射光源在环境光改变情况下进行测试，如图 2 所示，当环境光较强时，通过光线的干扰，传感器回传的实际信号基本变化不大，而且都在可测量范围内，因此可以抵抗不同环境光的干扰。环境光的改变相当于给信号加一个本底信号，使信号电压的绝对值变大，仅稍微影响信号中图形的特征。



(a)



(b)环境光较亮

图 2 环境光对直射光源的影响

综合考虑，采用 LED 环形直射光源。由于被检测产品较小(0805 & 0603size)，而且物距不大，因此需要特殊的微距镜头，否则图像两侧会出现模糊甚至导致无法检测。环形光源的 LED 布置如图 3 所示。

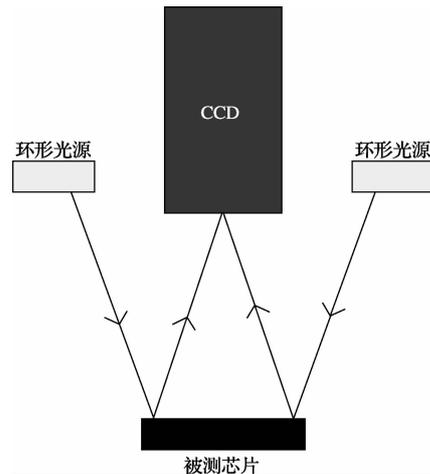


图 3 直射光源光路示意

4 控制器设计

控制器硬件结构如图 4 所示，主要由嵌入式微控制器、I/O 电平转换电路、液晶显示模块、独立按键、指示灯、外部开关量输入电路、CAN 电平转换器与步进驱动器组成。

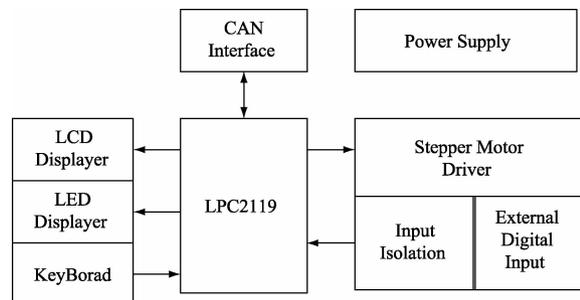


图 4 控制器硬件结构

控制器在收到进过处理的图像信号后,实时的把采集的信号显示在 LCD 上。同时,根据控制策略进行实时的分析与处理^[7]。

5 图像的后端处理

本系统不但要把采集到的实时图像显示在 LCD 上,还要对产品的信息——焊接中的虚焊的大小进行分析判断。这就需要对前端采集的数据进行后端的信号处理。

首先对图像信号进行平滑,然后通过求图像梯度,寻找区间梯度最大值,再根据寻找到的边缘进行图像模式识别,进而判断目标的大小,达到自动识别的要求。信号处理过程如图 5 所示^[8]。

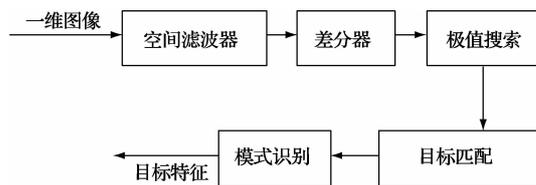


图 5 边缘识别算法

在产品图像的读取后会有很多干扰源,以在白纸上画一根黑线为例,A/D 转换器件映射在 DSP 的外部总线上的地址为 0x00160000,因此仅需在代码中如下引用就能够读到一个像素点:

```

    # define PIXEL      ( * (( unsigned int * )
0x00160000))
    int i;
    i= PIXEL;
    如果要读取整帧图像,则如下引用:
    # define PIXEL      ( * (( unsigned int * )
0x00160000))
    # define LENGTH 2700
    int * dat= ((int *)0x008000);
    int i, j;
    for( i=0 ; i<LENGTH ; i++)
    {
    //Sample
    dat[i]= PIXEL; //read the pixel value
    for( j=0 ; j<3 ; j++) ; //waiting for buffer re-
loaded
    }
  
```

通过这几行代码,可以在数组 dat 中得到图像的像素电压值通过 CCD 数据采集得到的图像如 6 所示^[9],图中峰谷位置为实际图像中黑线的位置,峰谷的宽度体现了黑线宽度,峰谷的峰值体现了黑线与白纸的对比亮度。该图形中有较严重的噪声。

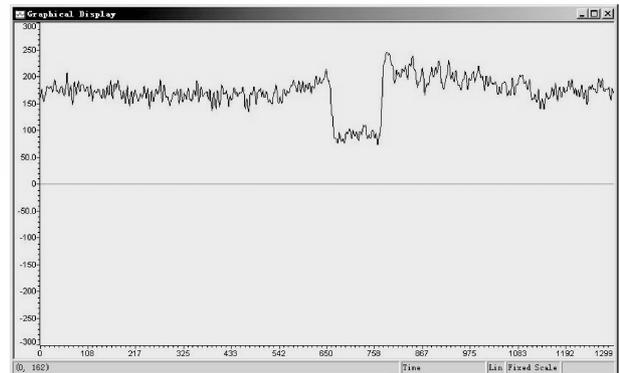


图 6 数据采集图像

因此滤波是必不可少的动作。本系统采用空间 IIR 滤波器进行图像滤波。经过 IIR 滤波后的 MATALAB 仿真图如图 7 所示。

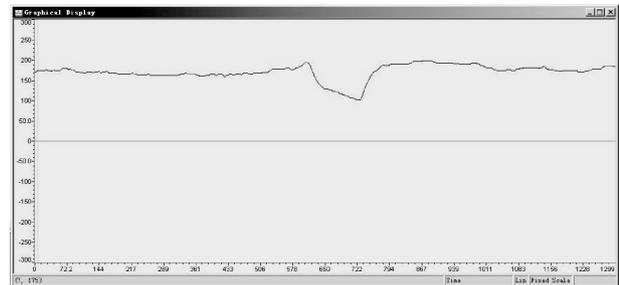


图 7 数据滤波后图像

由于 IIR 系统为非零相位系统,所以从图 7 中可以发现,边缘的特征发生了改变。为了保证图像的边缘特征失真最小,进行空间倒序,让原信号通过 IIR 空间滤波器,可得输出信号如图 8 所示,从该图中发现,边缘的锐度下降了,但是边缘位置无失真,高频噪声点完全消除,滤波效果很好^[10]。

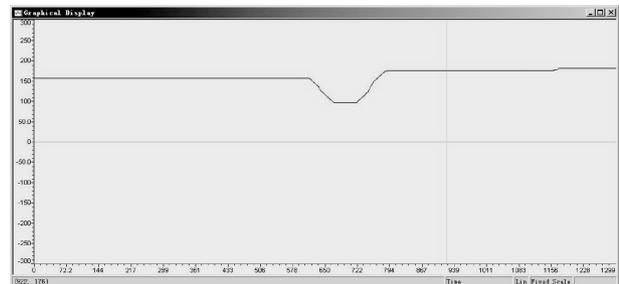


图 8 数据倒序后图像

通过软件的降噪及差分,再通过图像进行检索对比边界算法和边界滤波算法运算后,可得到边界位置与峰值的列表,通过边缘匹配算法将各边界匹配为实际图形。图形模式识别算法用于该外观系统标自动识别图像,该算法可识别出待检测的边缘特征,该边缘特征将被认定为外观系统自动工作模式下的追踪目标^[7]。

6 硬件的实现

本设计的硬件相对比较简单,主要是在生产线上布置如图 9 所示的设备,包括 2 个 CCD 摄像头对准产线上被测产品

进行实时的检测、判断;一个红外线传感器进行计数;一个吹起装置把不良品吹离生产线;一组电磁铁把吹起的不良品吸走移动并放入收纳盒。主要结构如图9所示。

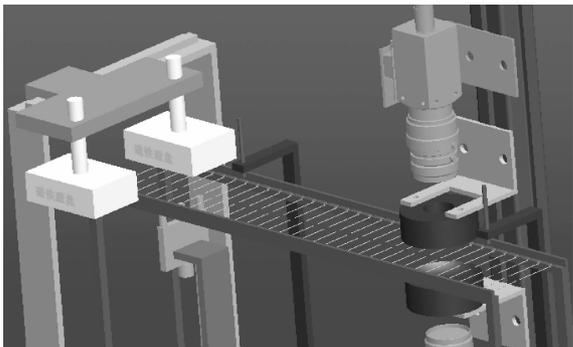


图9 硬件结构

在这个基础上,每个产品在经过180°放置的2个CCD时,首先抓取一张图片,通过图像的识别及处理得到实际的图形,然后在图10选择的区域内进行判断产品的虚焊,漏焊。然后通过判定法则决定是都需要发出处理脉冲给后续的剔除机构。如果需要,在产品移动到剔除工位时,底部3个气孔把产品吹起然后在通过顶部的电磁铁进行抓取从而实现产品的无损剔除。识别图如图10所示。

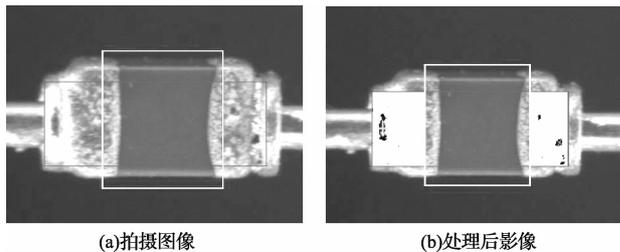


图10 识别图像

7 结论

通过该设备的5个月的实际使用来看,到目前为止未收到一份内部关于焊接不良的退货,如图11所示。同时在客户端也未发现一例由于焊机不良造成的产品缺损。

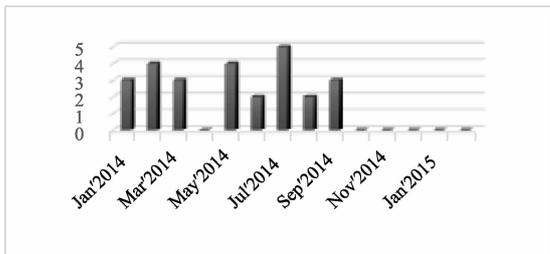


图11 设备的5个月焊接情况

此外,为验证该系统的测量可靠性,对该自动外观系统做测量系统误差分析(MSA)。选取经过外观确认的50粒产品(不良品+良品)并进行标记。通过3个不同的操作员A、B和C对这50粒产品进行3次测量。其检验结果1为通过,0为拒收。通过计数型测量系统分析的kappa判定结果如表1所示。

表1 计数型测量系统分析kappa结果

	A	B	C
kappa	0.79	0.84	0.79
判定	一致性好	一致性好	一致性好

通过该表中的kappa值可以判断该在线检测系统可以被接受。(kappa≥0.75为接收标准)

因此,通过QA退货率及该系统的MSA分析,可以判断该检测方法及其硬件剔除机构有效可靠,可以成为未来半导体器件行业的焊接检测的有效方法之一。

参考文献

- [1] 王庆有. 图像传感器应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [2] 李翰山, 王泽明, 雷志勇, 等. 基于CPLD的高速线阵TDICCD驱动电路设计[J]. 计算机测量与控制, 2007, 15(1): 122-127.
- [3] Sony ILX533 Datasheet [Z].
- [4] TI LM9822 Datasheet 2011[Z].
- [5] TI TMS320F2812 Datasheet 2011[Z].
- [6] ALTRA EPM1270 Datasheet 2008[Z].
- [7] 任慧建, 殷兴辉. 基于FPGA的高速线阵CCD图像采集系统[J]. 电子测量技术, 2014, 37(11): 33-35.
- [8] 蒋文涛, 朱红松, 吕俊伟, 等. 传感器网络中基于相关性的协同目标检测算法[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(6): 1293-1299.
- [9] 赵立荣, 朱玮, 曹永刚, 等. CCD弱目标图像条带噪声消除[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(10): 1084-1091.
- [10] 尤文坚. 现代传感器输出特性拟合技术研究进展[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(3): 25-27.

作者简介

朱艳芹, 1982年出生, 工学硕士, 讲师。主要研究方向为检测技术与自动化装置。

E-mail: 420425011@qq.com