

## SMT激光软钎焊质量监测方法研究\*

王春青 钱乙余 姜以宏

(哈尔滨工业大学, 哈尔滨)

**摘要:** 本文作者研究了一种激光软钎焊接合部质量的实时监测方法, 这一方法利用加热过程中接合材料之间的热电势与接合界面温度之间的对应关系, 并根据有效加热热量(在阈值以上界面温度对加热时间的积分)与接合面积之间的规律, 实时监测接合质量。实验结果表明, 在软钎焊温度范围内, 接合材料间热电势与界面温度之间具有良好的线性关系; 实测有效加热热量充分地表现了接合部被加热及钎料的熔化情况, 可以作为监测或控制激光软钎焊接合质量的参数。

### Investigation of SMT laser soldering quality monitoring method

Wang Chunqing, Qian Yiyu, Jiang Yihong

(Haerbin Institute of Technology)

**Abstract:** In this paper, a method, which has been used in real-time monitoring of laser soldering quality, based on the relation between the thermoelectrical potential and temperature of joint face of the jointed materials and the relation between the efficient heating volume (the integral of the part of the interface temperature above the temperature threshold) and the joint area, is presented. The experimental results show that the relation of the thermoelectrical potential of the jointed materials and interface temperature is well linear, the measured efficient heating volume fully shows the condition of the heating and melting of the interface and solder and can be used in monitoring and controlling laser soldering system.

### 一、引言

随着电子产品不断向微型化、轻量化和高可靠性发展的要求, 表面组装技术(SMT——Surface Mounting Technology)正在得到迅速的发展和逐渐广泛的应用。将激光用于表面组装或微组装焊接中, 因为其能量密度高, 具有短时及严格局部加热的特点, 与其他软钎焊方法相比, 能有效地控制引线间搭桥、基板上导体(简称导体)过度溶蚀失效、元件受热冲击损坏及接合部金属间化合物的过度生长。作为一种适合于高密度组装的新型软钎焊方法受到了广泛的重视。

但是, 目前要将SMT激光软钎焊应用于生产仍存在着相当多的问题, 焊接质量的稳定

\* 国家自然科学基金资助课题。

性就是其中之一。由于焊接材料的尺寸、表面光反射率、钎料量等具有一定的分散性,即使加热功率和加热时间一定也不能保证有效的加热能量一致,导致接合的质量不稳定。为了解决这一问题,本文提出了利用接合材料之间的热电势实时测量有效加热量,从而实时监测激光软钎焊接合部质量的方法。这一方法不难推广到激光软钎焊接头质量的实时控制。

## 二、实验装置与材料

### 1. 实验装置

图1框图中左边部分为激光软钎焊装置。激光器选用YAG固体激光器,连续输出,最大输出功率不小于40W,波长 $1.06\mu\text{m}$ ,激光斑点直径 $0.6\text{mm}\sim 1.2\text{mm}$ 可调,激光功率分为24级可调,激光输出时间和功率由微机控制器控制。焊点位置与类型通过人机示教输入微机内存,以后全部软钎焊过程自动完成。

图1右边部分为监测装置。数据采样使用8位微型机,与软钎焊控制器之间通过并行接口相联。放大器使用SF-7型数据放大器,放大倍数连续可调。模数转换器为8位,转换速度 $100\mu\text{s}$ 。测量数据由打印机输出。探针使用导电性能良好的特殊合金材料。

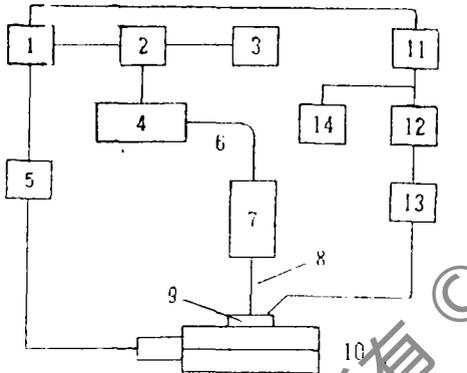


图1 实验装置示意图

- 1—控制器 2—激光电源 3—冷却系统  
4—激光器 5—步进电机电源 6—光导纤维  
7—聚焦透镜组 8—激光束 9—电路板  
10—X-Y工作台 11—微机 12—模数转换器  
13—数据放大器 14—打印机

### 2. 钎焊材料

基板为混合集成电路制造用的96%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 陶瓷,厚度 $0.82\text{mm}$ 。厚膜导体为Ag-Pd,厚度 $10\mu\text{m}$ 。引线为 $0.14\text{mm}\times 0.4\text{mm}\times 30\text{mm}$ 的镀锡铜合金引线,钎料采用为膏状锡铅共晶钎料,通过金属孔板手工印刷到陶瓷基板厚膜导体上。钎焊材料之间的配置如图2所示。

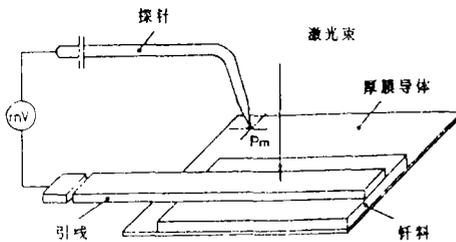


图2 钎焊材料配置及热电势测量方法

## 三、实验方法

### 1. 激光软钎焊方法

基板及引线经丙酮擦拭去污后,用微调卡具装置引线。用He-Ne激光引导焦点定位在欲软钎焊加热部位,用控制器控制焊接时间和功率,将YAG激光照射到加热部位进行引线与厚膜之间的钎焊连接。

## 2. 接合部质量的监测方法

实验及分析结果表明<sup>[1][2]</sup>, 在正常的激光软钎焊加热规范下, 焊点的抗剪切力与接合面积成正比, 如图3所示。因此本文中以接合面积作为接合质量的一个衡量标准。接合面积是由被熔化的钎料量和基板上导体被加热到软钎焊温度以上的范围所决定的, 也就是由接合部所接收到的有效热量所决定。如何在软钎焊过程中实时地、精确地测量这一有效输入热量对于接合质量的实时监测和实时控制是关键问题。

显然, 接合部的温度过程反映了接合部所接受到的有效热量和接合部的状况, 如果能检测到接合部在加热过程中的温度变化, 则可以监测和控制接合的形成及接合的质量。但是, 由于接合部极微小, 若采用热电偶进行直接测量, 由于热电偶本身也要吸收相当的热量, 必然影响测量结果的准确性。利用红外摄像方法, 存在价格昂贵的缺点。在本文中利用了钎焊材料-引线和厚膜之间的热电势来测量接合部温度, 进一步根据接合部温度过程和接合面积的关系达到监测质量的目的。试验结果证明其具有简单、可靠、精确度高的特点。测量原理如图2所示。

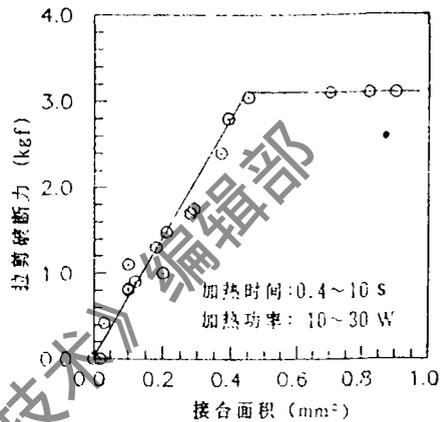


图3 拉剪破断力与接合面积的关系

在激光软钎焊过程中, 当焊点定位后, 控制器发出控制信号使激光器输出, 对焊点进行加热, 同时向监测装置发出测量命令。监测装置按一定的时间间隔不断将热电势信号取入、预处理。焊接结束后, 监测装置将测量数据以及按一定规律计算出的接合面积值, 通过打印机输出。

## 3. 接合面积的测量

钎焊后拉开引线, 清除残渣, 暴露其破断面, 使用测量显微镜测量激光软钎焊接合部的结合面积。

## 四、实验结果

### 1. 热电势-温度定标

利用引线和厚膜之间的热电势测量接合界面的温度, 首先必须确定热电势与接合界面温度之间的关系, 经试验得到的定标曲线如图4。

### 2. 钎焊材料间热电势随加热时间的变化

在不同的焊接规范(功率 $P$ , 时间 $t$ )下得到如图5所示的一组 $V-t$ 曲线, 可以看到随着加热功率的提高, 热电势曲线平均值增大。

### 3. 有效热量与接合面积的关系

在软钎焊过程中, 激光输出的能量只有其中的一部分对形成接头具有直接贡献, 就是用

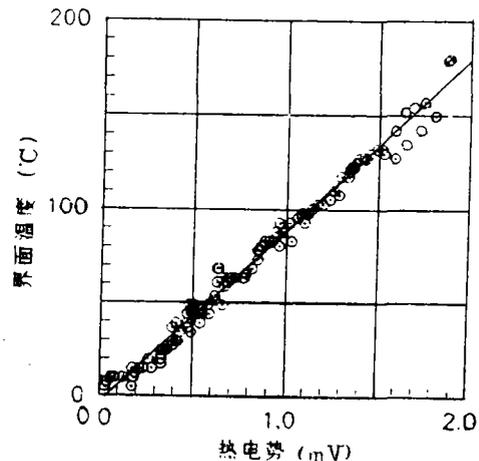


图4 材料热电势与界面温度的关系

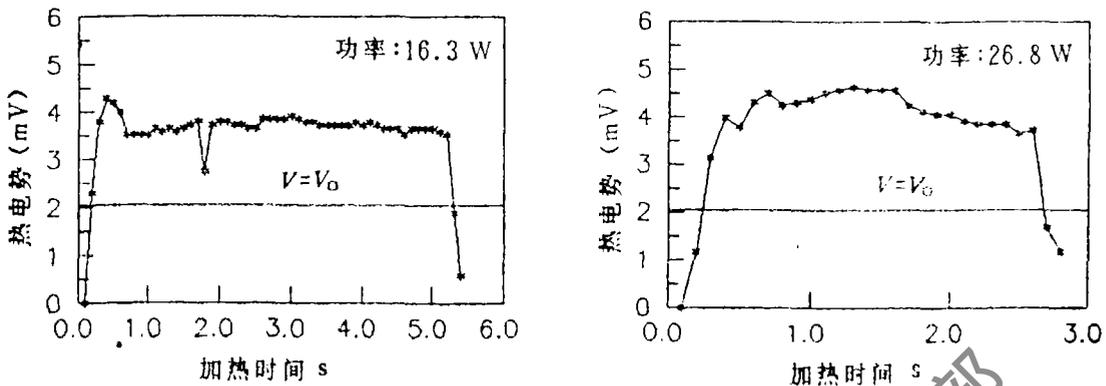


图5 激光软钎焊过程中的热电势曲线

于熔化钎料形成接头的这部分热量。这部分有效热量与接合部温度和时间有关,通过试验和分析发现,接合面积与钎料熔点以上的接合界面温度对加热时间的积分具有良好的关系。由于界面温度与材料热电势之间为线性关系,为在微型计算机内实现实时计算,实际上采用钎料熔点以上的引线和厚膜间热电势随时间积分表示:

$$S = \sum_{n=1}^N (V_n - V_0) \cdot \Delta t$$

式中, $S$ 为钎料点以上的热电势随时间的积分, $V_n$ 为热电势值, $N$ 为采样点数, $\Delta t$ 为采样时间间隔。接合面积与此积分值之间的关系的实际测量结果如图6所示。可见随着该积分值的增加,接合面积直线上升。在实际的激光软钎焊过程中,监测器中的微型计算机可随时按上式计算热电势积分值,并用图6中接合面积与热电势的关系曲线预测接合面积,实现了SMT激光软钎焊接合的实时质量监测。

如果在软钎焊过程中不断将实测热电势积分值与标准相比较,并对激光器输出进行调节,则可实现SMT激光软钎焊接合部质量的实时控制,这对于激光软钎焊在高密度表面组装中的实际应用具有重要意义。本文作者正在此方面进行不断的、深入的研究。

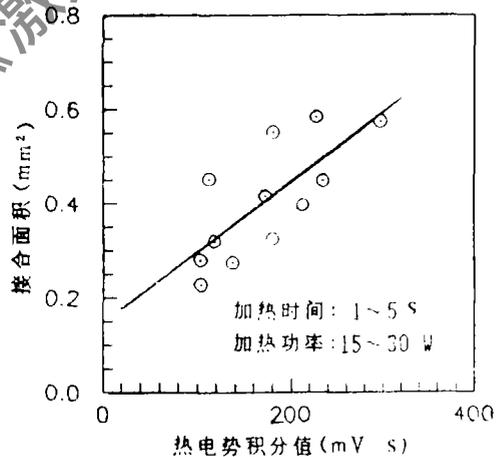


图6 接合面积与热电势积分值的关系

## 五、结 论

1. 本文使用的这种SMT激光软钎焊热电势接头质量监测方法与其他方法相比,不需要任何传感装置。因此简单实用,易于推广到实际生产中。

2. 热电势质量监测方法的监测量是和结合质量直接相关的有效加热热量,并且利用微型计算机进行实时处理,所以其结果迅速、精确、可靠。

# 实用射击激光模拟器

孙利国 孙铁军

(中计公司吉林分公司, 长春)

**摘要:** 本文介绍了一种新研制的以单片机为中心控制单元的激光模拟打靶系统的工作原理及软、硬件设计方案。使用结果表明, 该系统具有线路简单, 显示直观, 性能可靠, 功能灵活等特点。

## A practical laser shooting simulator

Sun Liguo, Sun Tiejun

(Jilin Branch of CCTS)

**Abstract:** In this paper, the operating principle and software-hardware scheme of laser shooting simulator based on single-chip microcomputer are introduced. The application result shows that the system has the advantages of simple circuits, direct display, reliable and flexible functions.

### 一、引 言

利用激光进行模拟射击训练, 具有经济、方便、占用场地小、使用安全等特点。然而, 采用传统的逻辑电路实现击中靶位的全方位显示线路必然相当复杂, 且可靠性难以保证。单

3.更重要的是, 这种方法不仅可以成功地进行SMT激光软钎焊的质量实时监测, 而且容易用于接合部的实时质量控制。

### 参 考 文 献

- [1] 王春青, 仲田周次。ムーザマイクロリルダリング法セそのイングロセス制御。日本溶接学会, 溶接学会全国大会讲演概要(第41集), 春季全国大会, 东京: 黑木出版社; 1987; 10; 326~329
- [2] 王春青, 钱乙余, 姜以宏。电子工艺技术, 1989; (3); 2~7

\* \* \*

作者简介: 王春青, 男, 1959年1月出生。讲师(工学博士)。现从事微电子器件焊接工艺及设备的研究。

钱乙余, 男1949年出生。教授。从事微电子焊接及钎焊研究。

姜以宏, 男, 1942年出生。教授。从事微电子焊接及电阻焊研究。

收稿日期: 1991年5月7日。

收到修改稿日期: 1991年6月24日。