

文章编号 1004-924X(2002)05-0466-05

全自动金丝球焊机的 CAD/ CAE 设计研究

王延风, 何惠阳, 孙宝玉, 宋文荣, 刘延斌
(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022)

摘要:全自动金丝球焊机是微电子封装设备中的核心设备,它是集精密机械、自动控制、图像识别、计算机应用、光学、超声波焊接等多领域技术于一体的现代高技术微电子生产设备。工作原理是通过 X-Y 工作台和焊头的三维运动控制,定位并拉出设定的金丝线型,采用超声波热压球焊方法焊接芯片管脚。技术路线是应用光机电一体化技术和采用 CAD/ CAE 技术手段进行研制与开发。超声球焊和高速高精度运动定位技术是关键技术。为使球焊机达到高速高精度焊接的要求,应用 CAD/ CAE 技术对球焊机关键部件 X-Y 工作台及焊头进行 CAD 建模的概念设计、有限元力学分析和结构优化设计。

关键词:金丝球焊机;微电子封装设备;CAD/ CAE;机电一体化

中图分类号: TP391.72 **文献标识码:** A

1 引言

全自动金丝球焊机是典型的光机电一体化产品,它属于微电子封装设备之一,用超声热压焊的方法焊接芯片管脚。芯片封装系统工序包括:检查好坏芯片(坏芯片点上黑点)、划片、粘片(粘好的剔除坏的)、超声球焊、封装、检测、包装,其中的一系列封装设备如全自动粘片机、划片机、金丝球焊机等目前都由美国、日本、新加坡引进,我国尚处于空白,因此利用先进技术,尽快开展此项研究既可促进微电子设备国产化,满足信息产业市场需求,又可出口创汇。

微电子元件的芯片在向微、薄、集成化的方向发展,对其加工制作中的封装设备要求则是更精密、更高速、更智能化,对于全自动金丝球焊机要求焊接速度:120ms/line,焊接精度: $\pm 6.35\mu\text{m}$,图像识别时间:105ms/line,图像识别精度: $\pm 2.03\mu\text{m}$,因此,需用光机电高速高精度运动定位技术、光学检测技术和采用 CAD/ CAE 技术手段来达到高的焊接速度和焊接精度的要求^[1-2]。

2 系统的组成和工作原理

2.1 系统的组成

(1) 机械分系统:包括 X-Y 工作台焊头组件、工作夹具及左、右升降台、光学装置及电动送线机构和箱体框架等。

(2) 控制分系统:包括电源、伺服电动机等执行元件及其驱动电路以及由计算机及其相应的硬件、软件所构成的控制系统,其中包括控制开关和各种指示器及控制。

(3) 图像识别分系统:由摄像镜头组件、CCD 微型摄像机及图像识别探测的软、硬件构成。

2.2 工作原理及方案设计

2.2.1 机械系统

球焊机的机械分系统主要由 X-Y 工作台、焊头、工作夹具及升降台、光学装置和电动送线机构组成。其中 X-Y 工作台和焊头(见图 2)是实现高精度高速焊接最重要部分,要求具有高的定位精度、快速响应和良好的稳定性,并且具有较大的刚度,高的固有频率、良好的可靠性和重量轻、体积小、寿命长。

X-Y 工作台由 X 和 Y 旋转伺服电机和滚珠丝杠驱动 X-Y 滑块组合件,并通过编码器(分辨力达 1500line/r)进行高精度快速定位。焊头的 Z 向运动是通过伺服电机(与 X-Y 伺服电机相同),通过轴承箱和曲轴令电动机旋转动作变成上/下运动。焊接压力是通过焊头压力电磁线圈加以控制的。

X-Y工作台和焊头应具有良好的伺服性能,要求传动机构应满足:转动惯量小;刚度大,机构固有频率高,超过机构频带宽度;阻尼合适。因此设计时使X-Y工作台的运动分离,即X和Y伺服电机可保持固定,由于大大的减轻了负重,故工作台可加速到高速运行。

送料机构由工作夹具、步进装置及两个升降台组成,工作夹具在进行焊接时自动运送框架。装有未焊接单元框架的料盒置入左升降台,之后顶料杆将一框架顶入步进装置内(步进装置由左步进器、右步进器及前导轨组成),框架以逐个单元步进到焊接位置上。当框架中的全部单元焊接完成后,将通过右步进器运送到右升降台的料盒内。

光学装置由摄像头组合、摄像机控制箱和侧灯组件组成,为图像处理和识别系统提供高质量的图像,以便软件程序能精确计算各焊接单元的位置。

电动送线机构主要由步进电机、线轴轮、三个光电传感器、导杆和空气张力器组成。主要功能是平滑地将金丝从线轴送到焊头的劈刀处,其送进功能是靠步进电机带动齿轮机构来完成的。

电动送线组成的特性:

(1) 直流电机是用作转动线轴轮,而三个光电传感器则用作检测金线。使它无实际的接触,而且金线也无电流通过。

(2) 使用光电传感器不仅便宜而且灵敏和可靠。故各光电传感器最佳感光度的调节是设置在所附的PCB板上。此外,每次送出的线量(线长度)也可通过旋钮加以调节。

(3) EFO(高电压发生器)的接地是通过线轴上运用一副导杆来完成的。

(4) 线的张力是通过在空气张力器上的气流加以控制。它尽可能地帮助减少沿金丝路径的接触。

2.2.2 图像识别系统

图像识别系统(PRS)的主要目的是用来测定各管芯确切的位置,此位置在管芯键合(粘片)期间可能偏转和偏离中心。为在数十ms内完成识

别是采用电子学的方法,而不附用机械传动部件。

2.2.3 控制系统

伺服系统初步设计方案为X-Y工作台和焊头系统驱动部分选直流无刷伺服电动机及其相应的驱动器,此种电动机具有响应迅速、精度和效率高、调速范围宽、负载能力大、控制性能好等优点,被用于球焊机闭环控制系统中。而直线电机使工作台具有更高的速度和精度,但由于其价格昂贵,在方案设计阶段或样机中先不选用直线电机,而改型阶段有可能选直线电机。其它系统如左右升降机选用步进电动机及步进电机驱动器。

伺服控制器选用世界上功能最强的PMAC(可编程多轴运动控制器)卡,它首先全面地开发了DSP(数字信号处理器)技术的强大功能。借助于Motorola的DSP56001数字信号处理器,PMAC运动控制器可以同时操纵1-8个轴。PMAC运动控制器正在为高精度、高速度生产率建立一个新的标准。PMAC运动控制器具有强大的处理能力;在轨迹特性方面,可使伺服应用中具有准确性和平滑性,在运行中精确计算位置;输入带宽特性具有大的带宽特性。标准的PMAC运动控制器提供了PID和阶式位置伺服环滤波器。还有另外两项用以减少伺服系统的轨迹误差:速度和加速度前馈。速度前馈的作用是减小微分增益或者测速发电机环路阻尼所引起的跟踪误差。惯性所带来的跟踪误差与加速度成正比,因此它可以由加速度前馈项来补偿。

由于驱动(电机)和负载之间很难做到理想的耦合,PMAC运动控制器具有几项高级性能来处理实际问题,诸如滞后,静摩擦,卷曲以及回差。这些问题共同作用会使系统产生机械谐振从而严重损害系统的性能。PMAC运动控制器的数字阶式滤波器和双反馈选项中同时测量驱动器以及负载的位置和补偿伺服环中的微分运动的能力可以解决机械谐振问题。

3 工程技术路线

全自动金丝球焊机研制的工程路线见图1。

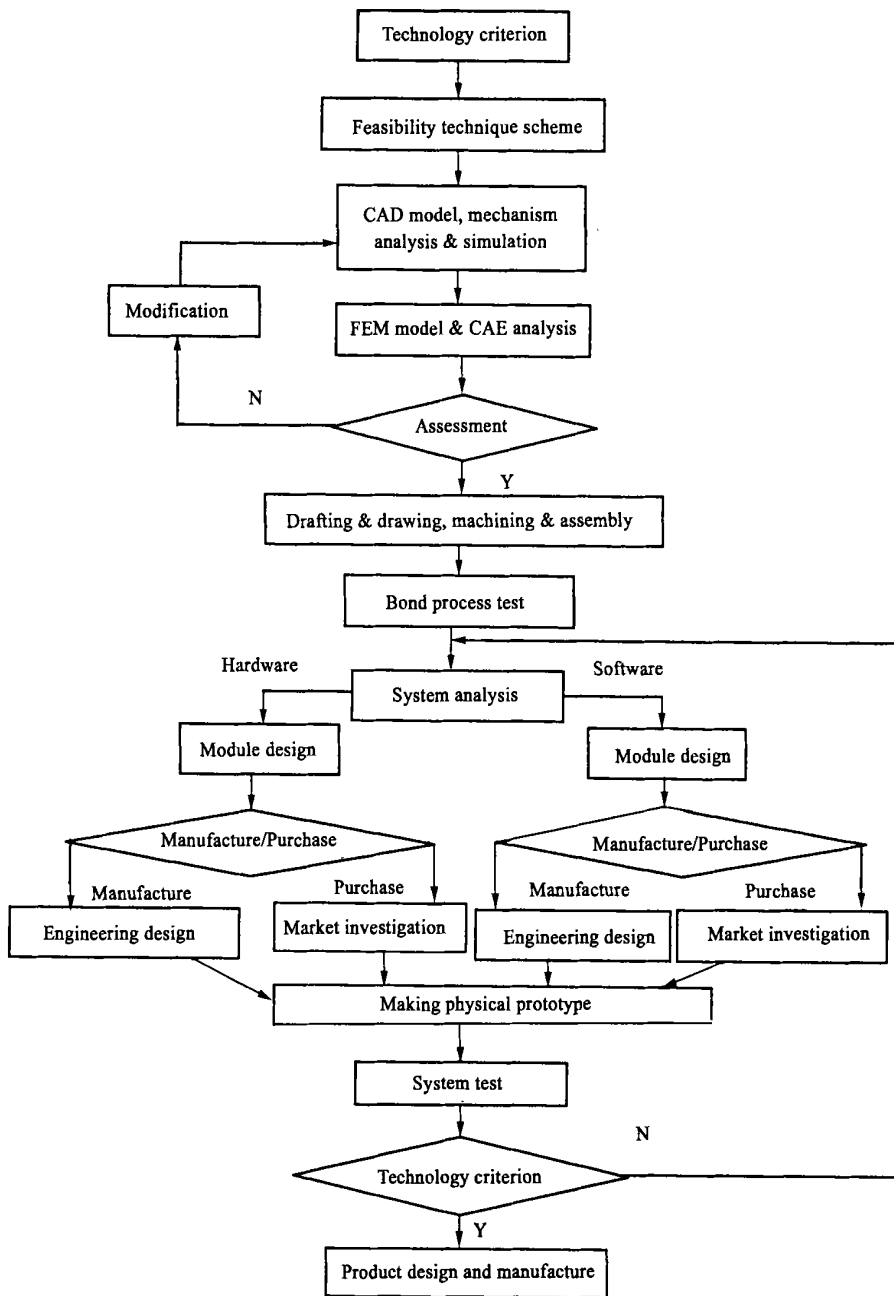


图 1 全自动金丝球焊机研制的工程技术路线

Fig. 1 Engineering technology routing for full automation gold wire bonder.

这条技术路线是应用光机电一体化技术和利用先进的 CAD/CAE 技术手段,在产品开发过程中充分发挥各自优势,并实现优势互补,形成优化组合的高效生产力^[3-4]。

技术路线及其特点如下:

- (1) 拟定球焊机的技术规范
- (2) 可行性技术方案论证

(3) CAD 屏幕样机构造

从三维实体建模出发,实现由概念设计到生成数字化产品(虚拟产品)的设计过程。通过屏幕样机制作,可初步得到:

*球焊机的外观模型:可视化,易于修改,有利于外观的美化设计。

*各构件装配关系模型及装配干涉检

查^[3,9]。

*球焊机的基本物理参数:重量、重心位置及转动惯量等。

(4) 机构运动分析仿真

用于构件间复杂运动关系的模拟,动画显示机构运动情况,可以对运动件进行测量(运动位置、速度等)、轨迹跟踪和动态干涉检查^[5,7]。

(5) CAE 工程分析

在屏幕样机的基础上,建立有限元模型,进行静力学分析、动力学分析及热分析,进行综合设计评价,找出薄弱环节,改进设计,为设计、试验提供依据^[8]。

(6) 试验和测试

对球焊机关键部分 X-Y 工作台和焊头组件进行 CAD/CAE 设计分析基础上,由三维实体模型转换成二维图形,并标注尺寸及公差,绘制成二维图纸进行加工,然后装配成试验样机,进行焊接工艺试验、模态测试及热控试验。

(7) 功能与结构系统分析

在虚拟和试验样机的基础上进行系统分析,对结构、控制系统、图像识别系统确定合理的设计方案。

(8) 详细工程设计

(9) 试制样机

(10) 总体性能测试

(11) 生产设计、制造

4 关键技术分析和解决措施

(1) 超声球焊技术:采用超声热压球焊方法进行焊接,超声球焊工艺技术需要进一步研究,在短时间内把众多的参数和动作协调到最佳是件很难的事,必须进行试验。

(2) 高速高精度运动定位技术:采用合适驱动电机,提高闭环刚度;减小运动件惯量,应用 CAD/CAE 技术进行结构力学分析、动力学分析和仿真,对设计进行评价,对二维平台和焊头进行

结构优化,提高动态刚度;减小误差传递比例;尽量采用滚动件代替滑动件,缩小传动滞后量。

5 应用 CAD/CAE 设计实例

X-Y 工作台和焊头是实现高精度高速焊接的最重要部件,要求具有高的定位精度、快速响应和良好的稳定性,其整个定位系统的动态特性主要取决于 X-Y 工作台导向机构和焊头运动部分的固有频率,对这一系统进行动力学分析和轻量化设计,对满足系统频响要求,提高系统的动态刚度和系统的设计和调试等都有一定的指导作用^[10-11]。

针对 X-Y 工作台和焊头的技术要求和特点,应用 CAD/CAE 技术对其进行概念设计:构造零件的三维实体模型,进行虚拟装配和机构运动分析仿真(见图 2),计算重量、质心位置、转动惯量,进行动态干涉检查,在此基础上建立有限元模型,进行结构力学分析、动力学分析和仿真,实现轻量化优化设计,从而提高系统的固有频率。

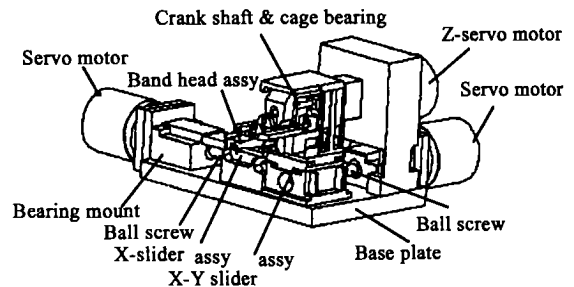


图 2 X-Y 工作台及焊头组件实体模型

Fig. 2 Solid models of the X-Y table assembly and bond head assembly.

6 结束语

本项研究可应用到微电子领域其它相关的焊接设备的研制,通过对关键技术的攻关和应用先进的 CAD/CAE 技术,可提高设计效率和质量,缩短产品研制开发周期,达高精度高速焊接的技术指标要求。

参考文献:

- [1] 刘恒,虞烈,谢有柏. 现代设计方法与新产品开发[J]. 中国机械工程,1999,10(1):81-83.
- [2] 褚学宁. 虚拟企业产品设计技术研究[J]. 中国机械工程,1999,10(1):58-60.
- [3] 庄晓,周雄辉,许文斌,等. 虚拟环境中的快速产品装配建模[J]. 中国机械工程,1999,10(2):185-187.
- [4] 卢镔,杨洪波,王延风,等. 产品研制开发 CAD/CAE/CAM 技术路线与应用[J]. 光学精密工程,1997,5(6):1-9.
- [5] 王延风. 多联动机构运动仿真[J]. 光学精密工程,1997,5(6):21-24.
- [6] 罗小川,车仁生,崔长彩. 分布式网络化测量[J]. 光学精密工程,2002,10(1):1-7.
- [7] 王延风. 机构运动仿真在光机电工程中的应用[J]. 光学精密工程,1996,4(6):13-16.
- [8] 单宝忠,武克用,卢镔. 结合有限元法的空间相机优化设计[J]. 光学精密工程,2002,10(1):116-120.
- [9] Aanantha R, Krammer G, Crawford R H. Assembly modeling by geometric constraint satisfaction[J]. *Computer aided design*, 1996,28(9):707-722.
- [10] 刘品宽,孙立宁,曲东升,等. 新型二维纳米级微工作台的动力学分析[J]. 光学精密工程,2002,10(2):142-147.
- [11] 吴鹰飞,李勇,周兆英,等. 蠕动式 X-Y 微工作台的设计实现[J]. 中国机械工程,2001,12(3):263-265.

Research on the design of a fully automatic gold wire bonder with CAD/CAE

WANG Yan-feng, He Hui-yang, SUN Bao-yu, SONG Wen-rong, LIU Yan-bin

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China)

Abstract: Fully automatic gold wire bonder is the key device of the package equipment for micro-electronics, which is associated with integrating technologies of fine mechanics, automatic control, image recognition, computer application, optics and ultrasonic wave bond. By controlling three-dimensional motion of the X-Y table and bond head, precision positioning and desired line-type gold wires can be realized, and an ultrasonic wave bonded method is used. The technology route is to use integrating technologies of optics and mechatronics as well as CAD/CAE to develop new products. Ultrasonic wave bond and precision position at high speed are key technologies. By means of CAD/CAE technology, The solid models of the X-Y table and bond head assembly were built, and based on the solid models, the mechanism simulation was done. By using finite element method(FEM), the structural analysis will be done for improving design to meet the demand of bonding precision and speed.

Key words: gold wire bonders; package equipment for micro-electron; CAD/CAE; mechatronics

作者简介:王延风(1964-),女,吉林长春人,副研究员,1989年毕业于中科院长春光机所机械制造专业,获硕士学位,现在中科院长春光机所攻读博士学位,一直从事光机电系统 CAD/CAE/CAM 工作,主要研究方向为:CAD/CAM 一体化、机构运动分析仿真,CAE 工程分析及仿真。