

文章编号:1001-5078(2016)12-1459-04

· 激光应用技术 ·

多功能有源激光微调机的系统设计

梁进智¹, 徐长彬², 封芸¹, 金越越¹

(1. 北京奥依特科技有限责任公司, 北京 100015; 2. 华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘要:针对厚膜混合集成电路的功能微调需求,设计了一种多功能有源激光微调机。通过在线测量不同的产品参数,可实现多功能激光微调,其中包括输出电压修调,保护电流修调和信号电路调整(调测占空比、频率和相位)。本文重点介绍了多功能有源激光微调机的控制系统,通过分析测量步长和减速精度对修调精度和修调效率的影响,进而提出了自动修调方法中兼顾精度和效率的参数设置方法。多功能有源激光微调机很好地满足了国内厚膜混合集成电路功能微调需求。

关键词:有源激光微调机;控制系统;参数设置;厚膜混合集成电路

中图分类号:TN249 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2016.12.004

Design of multi-function active laser trimming machine

LIANG Jin-zhi¹, XU Chang-bin², FENG Yun¹, JIN Yue-yue¹

(1. Beijing Opto-Electronics Technology Co., Ltd., Beijing 100015, China;

2. North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: Aiming at the trimming functional demand of the thick film hybrid IC, a multi-function active laser trimming machine is designed. Through online measurement of different parameters including the output voltage, protection current and signal circuit (duty cycle, frequency and phase), the machine can realize multifunction laser trimming. The control system of multi-function active laser trimming machine was mainly introduced. By analyzing the influence of the measuring length and slow precision on trimming precision and efficiency, a method that can both improve the precision and the efficiency is put forward to set the parameters. Multi-function active laser trimming machine can well satisfy the trimming function demand of the domestic thick film hybrid IC.

Key words: active laser trimming system; control system; parameter settings; thick film hybrid IC

1 引言

厚膜混合集成电路在微电子技术中占有重要地位,随着厚膜混合集成电路集成度越来越高,密度变大,尺寸变小,电阻修调的要求不断提高,而高精度、高可靠性的激光修调方法变得越来越重要,研发出功能强大的激光修调设备已经十分迫切^[1-2]。

激光修调根据应用方式可分为无源修调和有源

修调。无源修调是指修调电阻值以达到目标值,有源修调是指调节整个电路的输出电压、保护电流或信号电路调整(如频率、相位和占空比)^[3]。有源修调也称为功能修调,已逐步取代使用电位器或更换器件电路元件等方式。本文介绍了有源激光微调机功能微调的工艺参数,探针卡形式和控制系统,重点提出了自动修调方法中兼顾精度和效率的参数设置方法。

作者简介:梁进智(1980-),男,高级工程师,硕士,主要从事真空技术,激光技术应用研究。E-mail: liangjinzhi80@163.com

收稿日期:2016-04-26; **修订日期:**2016-05-17

2 激光微调工艺参数研究

2.1 激光功率

激光输出功率是影响电阻切割效果的重要指标,选择合适的激光功率既保证激光切口干净,又使热熔区和热影响区降到最小。

2.2 调Q频率

调Q频率增大,激光平均功率增加,峰值功率降低。激光调阻选用YAG型激光器,其平均功率与调Q频率之间的关系为:

$$P/f = P_k W_p \quad (1)$$

式中, P 为平均功率; f 为调频率; P_k 为激光峰值功率; W_p 为激光调脉宽。

2.3 激光光斑尺寸

激光光斑尺寸指激光光斑的直径大小,与光斑重叠率共同影响每个脉冲去除的电阻膜层大小。

2.4 激光光斑重叠率计算

许多连续的激光脉冲切割点重叠便形成一条切割线(如图1所示),选择合适的激光光斑重叠率才能获得光滑整齐的切割边缘,影响激光光斑重叠率的因素有:切割速度、激光频率和激光光斑。

设切割速度为 v (mm/s),调频率为 f (Hz),激光光斑为 a (μm),光斑重叠率为 x ,则:

$$x = 1 - 1000 \times v / (a \times f) \quad (2)$$

激光切割速度和激光频率的设置既要保证理想的切割效果又要保证光斑重叠率在合适的范围内使切槽平整光滑,参考值为70%~90%^[4]。

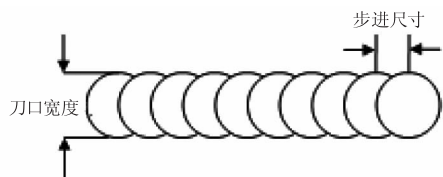


图1 激光切口俯视图

Fig. 1 The top view of laser cuts

激光工艺参数直接关系到最终的修调效果,根据不同的调阻材料和厚度来选择合适的激光工艺参数^[5]。

3 多功能有源激光微调机功能解析

3.1 功能微调

有源激光微调机的功能微调包括:①修调输出电压,修调精度为0.1%(0~100V);②修调保护电流,修调精度为1%(0~3A);③信号电路参数整定如调节频率、相位和占空比。这些功能微调包含了厚膜混合集成电路所需的所有有源修调的功能。

3.2 二维码扫描功能

工业生产领域为了实现对工业生产线的自动化

管理,已广泛应用二维码技术。有源激光微调机作为一种高科技、自动化的设备更应该与工业自动化管理接轨。本文研制的有源激光微调机具有二维码扫描的功能,并可把修调结果保存到与二维码对应的文档中。

3.3 全自动化控制功能

全自动化控制包括程控机械运动系统、光学扫描系统、测量系统、激光参数设定和程控照明等,使得激光修调过程全部实现自动化。

4 多功能有源激光微调机系统设计

4.1 探针卡形式选择

对于电阻基片和混合电路的激光微调系统,探针卡是重要的组成部分,探针卡上的探针直接与电阻基片或电路的电极进行接触,引出信号,再配合周边的测试仪器和控制软件,实现自动化测量。

目前主要的探针卡形式有两种,一种是焊接式探针卡(如图2所示),这种探针卡是根据待调基板表层图形完成探针和探针卡的焊接。另一种是可移动的三维调整架形式(如图3所示),这种探针架可通过吸铁吸附在探针卡上,探针架上的三个旋钮可分别调节X、Y、Z三轴方向的探针位置,探针也可便捷式拆装。

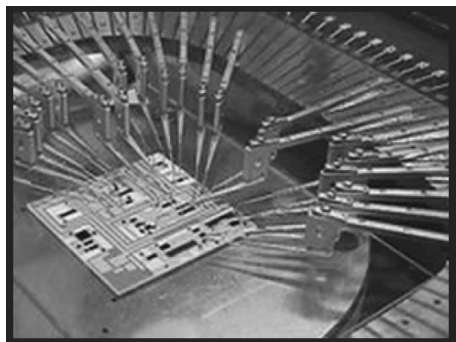


图2 焊接式探针卡

Fig. 2 The welded type probe card



图3 三维调整式探针架

Fig. 3 3D adjusting type probe frame

对于电阻数量较多的电阻基片,为了提高修调效率,选用焊接式探针卡形式,但对于规格形式较多,每一混合电路所需修调的电阻数目不多的厚膜

混合集成电路可选用三维调整架形式的探针,对于不同的电路规格,需要时还可更换探针样式。

4.2 结构设计

根据多功能有源激光微调机的功能设计,进行了相应的系统设计,多功能有源激光微调机由激光光路系统、机械运动系统、视觉成像系统、测量系统、控制系统等组成,系统方框图如图4所示。

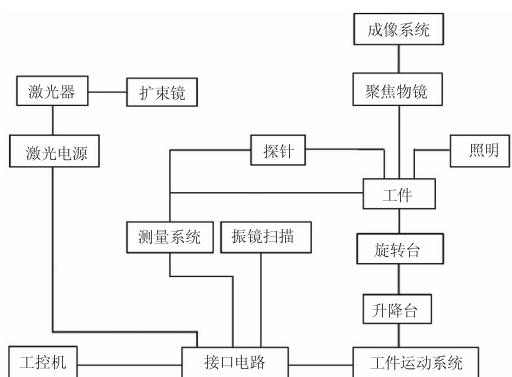


图4 系统方框图

Fig.4 System block diagram

4.3 控制系统设计

有源激光微调机的人机界面控制软件为操作者提供一个直观的操作环境,操作者可在操作界面进行参数设置、激光控制、运动控制、自动修调电路和手动修调电路等操作,控制系统结构如图5所示。

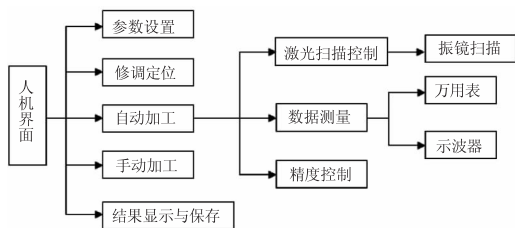


图5 控制软件结构图

Fig.5 The structure diagram of control software

4.3.1 控制系统自动修调过程

设测量步长为 a , 减速精度为 $b\%$, 测量值为 x , 目标值为 c , 修调精度为 $d\%$, 程序内部设定最小测量步长为 Min 。修调精度范围定义: $(c - x)/c < d\%$; 减速精度范围定义: $(c - x)/c < b\%$ 。以修调电压为例, 控制流程图如图6所示^[6]。

可修调范围是指电路在正常情况下未修调时的输出范围, 只有在这个范围内才是可以修调的正常电路, 设置此参数可以避免在探针接触不良或电路本身不正常的情况下开始修调电路而造成电路器件的损坏。

自动加工修调方法类型很多, 如直线切割、双直

线切割、对刀切割、L型切割、U型切割、蛇形切割等, 切割图形如图7所示。厚膜混合集成电路的功能微调切割形式最常用的为直线切割、双直线切割和对刀切割。

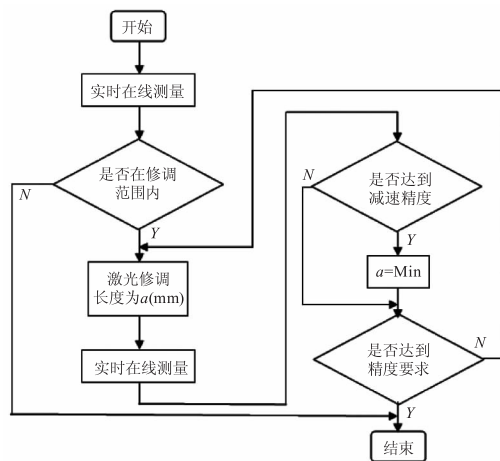


图6 自动加工流程图

Fig.6 The flow chart of automatic process

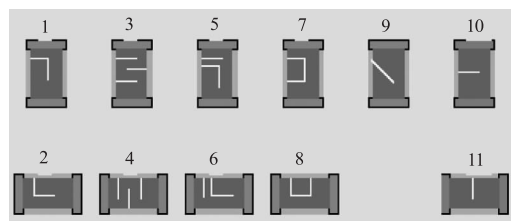


图7 修调方法图形

Fig.7 The figure of trimming method

4.3.2 测量步长和减速精度对修调精度和修调效率的影响

评判控制系统的优劣主要包括两方面, 修调精度和修调效率。修调精度与修调路径、激光光斑大小、测量精度、测量步长等多种因素有关, 修调效率与切割速度、测量步长、初值与终值的差值大小等多种因素有关。当激光微调机和修调器件选定的情况下, 激光光斑、测量精度等因素基本固定, 而切割速度的设定以切割效果为准, 所以这里假定其他因素固定的情况下, 探讨测量步长对修调精度和修调效率的影响。

激光微调机在修调过程中, 实时在线测量修调器件, 测量步长指修调过程中每修调多长的距离测量一次, 通常单位为 mm , 设置的值越短, 修调精度越高, 修调效率越低。所以这就造成了修调精度和修调效率之间的相互矛盾, 为了得到较高的修调精度和修调速度, 可设置两个参数, 分别为测量步长 (mm) 和减速精度 ($\%$), 控制策略如下:

按照图7的流程图,电路自动加工修调开始后,每修调 a (mm)的距离,测量一次,根据测量值判断是否到达减速范围内,如到达减速范围,则每修调 Min (mm)测量一次,以保证修调精度(电压精度除了与所修调的电阻精度有关外与实际电路也有关,设修调精度到1‰)。

以 a 为测量步长可快速修调,提高修调效率,到达减速精度后以 Min 为测量步长可保证修调精度。这两个参数相互协调,根据实验可找到速度和精度的最佳结合点,达到最好的效果。参考值 $a=0.01$, $b=1$, $\text{Min}=0.002$ 。

5 总结

本文针对厚膜混合集成电路的功能微调需求进行了分析,介绍了满足此功能需求的有源激光微调机的控制系统,以此控制系统为基础研制的有源激光微调机精度高,加工速度快,操作便捷,得到了厚膜混合集成电路生产厂家的认可,使得有源激光微调机在国内具有了很强的市场竞争力,它的应用和推广也将对厚膜混合集成电路产生重要影响。

参考文献:

- [1] LI Zhenya, ZHAO Yu. The development and the prospect of hybrid integrated circuit technology[J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2009, 4(2): 119–123. (in Chinese)
李振亚, 赵钰. 混合集成电路技术发展展望[J]. 中国电子科学研究院学报, 2009, 4(2): 119–123.
- [2] LI Wenjun, TIAN Zhixing. Trimming technologies for thick film and their development[J]. OME Information, 2004, 6: 29–34. (in Chinese)
李文娟, 田志兴. 厚膜微调技术及发展趋势[J]. 光机电信息, 2004, 6: 29–34.
- [3] CHEN Cuiyun. Development of multi-functional laser trim system[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2011. (in Chinese)
陈翠云. 多功能激光修调系统的研制[D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
- [4] XIA Junsheng. The design of continuous adjustment in a large scale for thick-film resistors[J]. Electronics & Packaging, 2009, 9(2): 27–31. (in Chinese)
夏俊生. 厚膜电阻的大范围连续可调设计[J]. 电子与封装, 2009, 9(2): 27–31.
- [5] Etienne Boulais, Julie Fantoni, et al. Laser-induced resistance fine tuning of integrated polysilicon thin-film resistors[J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 2011, 58(2): 572–575.
- [6] WANG Zhijun, GUO Xiaoguang, SUN Jifeng, et al. Adaptive correction of multi-range measuring errors of laser resistor trimming machine[J]. Optics and Precision Engineering, 2004, 12(3): 259–264. (in Chinese)
王志娟, 郭晓光, 等. 激光调阻机多档测量误差的软件自适应校正[J]. 光学精密工程, 2004, 12(3): 259–264.