

梁式封装二极管的微组装技术

李伟,吕翼,陶毅,杨桃均,张静雯,王岚

(中国电子科技集团公司第二十六研究所,重庆 400060)

摘要:该文介绍了梁式封装二极管(BED)的微组装技术(MPT)的现状及其问题,重点对超声热压倒装焊与粘胶互联进行了实验与仿真,分析了不同电极与基板镀层等因素对装配方案的影响,并通过受力实验进行验证。提出了有效规范的装配方案和可靠、易行的工程结论,解决了梁式封装二极管装配方案混乱,批量一致性差,调试难度大,成本高等问题。

关键词:梁式封装二极管(BED);微组装技术(MPT);超声热压倒装焊;粘胶互联;HFSS;电极;基板镀层

中图分类号:TN311 **文献标识码:**A

Microcircuit Packaging Technology For Beam Encapsulation Diode

LI Wei, LYU Yi, TAO Yi, YANG Taojun, ZHANG Jingwen, WANG Lan

(26th Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

Abstract: The current status and problems of the microcircuit packaging technology (MPT) for beam encapsulation diode (BED) are introduced in this paper. The experiment and simulation on the ultrasonic hot embossing flip chip (FC) and the viscose interconnection are carried out, the influences of different electrodes and the substrate coating on the assembly scheme are analyzed and validated through the stress experiment. The effective norm assembly scheme and reliable and feasible engineering specification conclusion are put forward. The problems of chaotic beam diode assembly scheme, poor batch consistency, difficult debugging and high cost have been solved.

Key words: beam encapsulation diode; microcircuit packaging technology; ultrasonic hot embossing flip chip; viscose interconnect; HFSS; electrode; substrate coating

0 引言

随着微电子技术的发展,微组装技术等得到了快速发展,解决了电子产品小型化的问题,提高了电路密度和系统性能,进一步降低了产品成本,使电子系统组件化成为现实。

特别是近10年来,微组装技术进入了超高速发展的时期,新的组装与封装形式层出不穷^[1],但对于不同类型的芯片或者元件,难以选择装配方式。本文在参考了大量文献的基础上,以及通过长期的设计和实验经验,针对梁式封装二极管的装配方案混乱、批量一致性差、调试难度大、成本高及设计周期长等问题,提出了有效规范的装配方案,详细分析了各自的应用范围,得出了系统规范的梁式封装二极管装配方案与可靠、易行的工程结论。

1 微组装技术

微电路组装技术(微组装技术,MPT)是指在高密度多层互连基板上,用微型焊接和封装工艺把构成电子电路的各种微型元器件(集成电路芯片及片式元件)组装起来,形成高密度、高速度、高可靠及立体结构的微电子产品(组件、部件、子系统、系统)的综合性技术^[2]。

MPT技术的迅速发展,主要表现在小型化、宽工作频带、高工作频率、高可靠性、组装技术与芯片技术融合、二维组装向三维组表演变、多芯片组件(MCM)与多芯片封装(MCP)中的广泛应用,发展微机电系统(MEMS)领域中的微组装技术等^[3]。

本文主要介绍MCM中使用倒装焊(FC)设备、金丝键合设备、粘胶设备等仪器来实现凸点制备及引线互联等多种微组装工艺。

2 梁式封装二极管

二极管种类及分类多。在功能特性、幅频特性、时频特性及制备工艺等方面均有详细分类,如在射频微波领域,按照功能特性主要分为低频的整流二极管、肖特基和开关二极管、稳压二极管等。本文按照电子封装的方式进行分类,主要分为无引线的管芯和管脚式封装。

无引线管芯的电极一般位于芯片正面和背面,其装配方案较规范、可靠。使用导电胶粘接在基板上,再使用传统的引线互联技术进行键合,即可满足性能和可靠性。

管脚式封装一般用于管芯较小、不能直接键合的芯片,以减小其键合难度,如梁式封装二极管(BED)。梁式封装与其他封装的金属电极有较大差异,要保证性能和可靠性,不能照搬管芯的键合工艺。特别是在电路结构、基板特性及镀金工艺等复杂的MCM系统中,选择合适的装配方式需要实验进行验证。

图1为梁式封装二极管的透镜成像,主要由两个电极、支撑在玻璃-硅基中的梁式引线、连接在梁式引线电极之间并固定在硅基上的二极管组成。目前梁式封装芯片的电极长宽一般在 $200\ \mu\text{m}\times 300\ \mu\text{m}$ 以内。

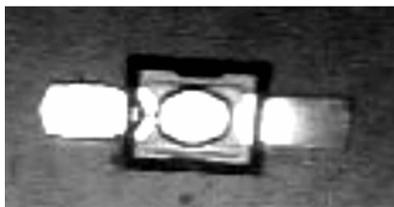


图1 梁式封装二极管透镜成像

3 梁式封装二极管的微组装技术

梁式封装二极管的装配往往在常用的微组装技术中选择,并无规范系统的操作方式。通常会借助倒装焊工艺、超声热压工艺、凸点制备工艺、引线互联工艺、透镜下特殊制作的焊接工具直接焊接等多种装配方式,造成了装配方案混乱,批量一致性差,调试难度大,成本高,设计周期长等问题。

本文通过重点介绍超声热压倒装焊与粘胶互联,且借助倒装焊及凸点制备工艺等微组装技术进行系统分析,通过设计和实验得出系统规范的梁式封装二极管装配方案和详细具体的设计方法,从而得出可靠、易行的工程结论。

3.1 超声热压倒装焊

倒装焊工艺涉及的关键技术有超声热压技术、多层金属膜制备(UBM)、凸点制备、倒装焊和底部填充技术等,它们直接决定着倒装焊的焊接质量。

超声热压工艺基本原理:使用超声波软化连接材料实现塑性变形,同时给予一定压力和温度使接触金属面之间的原子迅速融合,产生扩散及再结晶等物理化学过程,最终形成稳定的金属键,从而实现良好的焊接^[4]。

借助倒装焊和超声热工艺来键合梁式封装二极管的基本流程:加热基板,控制针头将二极管吸住并置于相应准确的位置,然后使用电脑设定温度曲线等各种参数,开启设备进行键合,其原理图如图2所示。

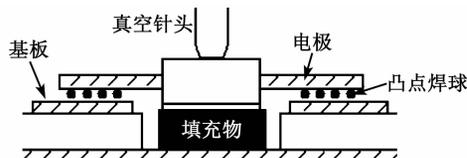


图2 超声热压倒装焊原理图

图3为净化间内使用透镜拍摄的超声热压倒装焊装置成像图形,图4为运行中的倒装焊设备。

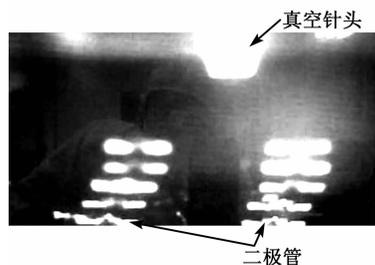


图3 超声热压倒装焊装置透镜成像



图4 超声热压倒装焊

基板与电极的热膨胀系数失配对超声热压倒装焊的可靠性影响较大。因此,其主要应用于二极管电极为纯金金带,基板镀金方式和厚度满足要求,以及其他充分利用高熔点特性的情况,即电极与基板材料易在塑性变形后形成稳定的金属键。

如MA4P800的电极为纯金金带,热膨胀系数为 $14.2\ \text{m/K}$,在镀金厚度满足要求(一般要求不低

于 $0.05\ \mu\text{m}$)的基板上,借助超声热压倒装焊技术可获得良好的电气性能和可靠性。纯金金带的电极因金层较厚,不适用于硬性连接(如下文的粘胶互联),否则易产生凸点强度变低等缺陷。

3.2 粘胶互联

粘胶互联具有结构轻,键合温度低等特点,但导电性能比铅锡焊接差,其导电胶的选取主要分为各向同性和各向异性两种。相比于超声热压倒装焊,粘胶连接对设备要求简单,仅需要引线键合设备及点胶机等微组装设备等。

粘胶互联需要借助凸点制备工艺及引线互联工艺等微组装技术。

键合引线的键合拱度、长度及金球大小等参数需要计算验证。使用特性阻抗、Owens、Hammerstand等公式或自己建立公式模型进行计算,或使用软件直接建模仿真,从而设计基板和键合等基本参数。常用计算和仿真软件有 Matlab、ADS、HFSS、IE3D、CST等,本文选择 HFSS 仿真,如图 5(b)所示^[5]。

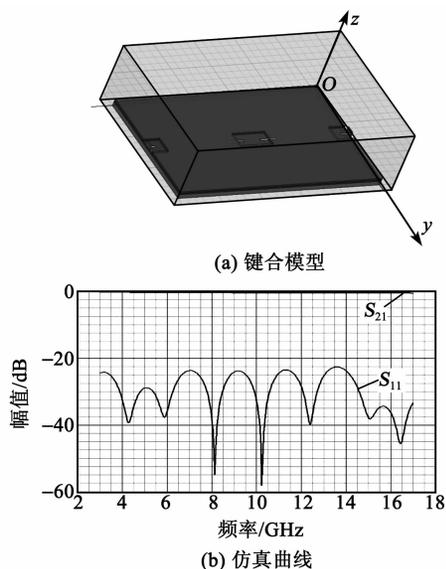


图 5 键合模型 HFSS 仿真

图 5(b)为基板到二极管电极之间键合引线的幅频响应曲线。图中, S_{21} 为传输曲线, S_{11} 为反射曲线。由图可见, S_{21} 为接近 0 的平滑直线,意味着引线损耗和带内波动特性良好; S_{11} 为波峰明显的规则曲线,意味着引线带来的驻波和寄生参数特性良好。粘胶互联的寄生参数主要由引线决定。如图 6 所示,两根引线均需要得到图 5 所示理想的仿真结果^[6]。

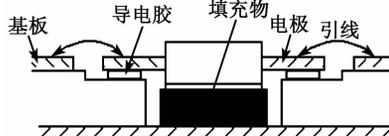


图 6 粘胶互联基本原理图

确定好键合参数后,先使用点胶设备将芯片固定在基板上,然后按照设计的参数在键合设备上对进行金丝或硅铝丝等引线键合^[7]。

粘胶互联方式主要应用于二极管电极与基板材料在塑性变形后,不易形成稳定的金属键,且本身材质硬度较高的情况。这种方式重点在于计算和仿真,以及工艺上精确的实现引线键合。对基板的要求较简单,满足阻抗匹配等基本的设计要求即可。

如 MA4PBL027 为铜合金电极,热膨胀系数约为 $18\ \text{m/K}$,使用超声热压倒装焊难以实现稳定的金属键,使用粘胶互联的方式更易实现良好的性能和可靠性。

3.3 实验验证

若没有选择合适的装配方式,产品将不可靠^[8]。为了准确验证,我们对使用超声热压倒装焊键合锡铜合金电极的梁式二极管进行受力测试,基板为沉镍金。

一般情况下,合格的芯片受力要大于 $50\ \text{g}$,否则易产生形变、碎裂、脱落等问题。受力测试设备(见图 7)可以逐步增加键合位置的推力、拉力等,为破坏性试验。选取合适的取样量来测试统计,可较为准确地验证键合水平^[9]。



图 7 受力测试设备

由图 8 左侧可看出,完成测试后,电极脱离基板,此时推力仅为 $10\ \text{g}$ 。若强行高温键合,加大推力,会产生断裂等工艺问题^[10]。造成这种结果的主要原因是基板材料和镀金金带的热膨胀系数差异较大,即选择的装配方案不合适。



图8 受力测试后透镜成像

受力测试仅为验证上述方案。检验产品是否符合,还需要按照相关标准作严格的筛选试验。

4 结论与分析

通过对超声热压倒装焊与粘胶互联两种封装方案的分析和验证,可得出二极管的电极材料、基板的镀层等因素,对梁式封装二极管的装配方案选择起决定性作用。为了规范装配方案,解决前文所述一致性差及成本高等问题,可以根据二极管电极材料与基本镀层方式来选择装配方案,如表1所示。

表1 常用方案推荐

镀层	电极		
	金	X	Y
镀金	A	A/B	B/C
沉镍金	B/C	B/C	C

表1中,A为超声热压倒装焊,B为粘胶互联,C为透镜下特殊工具焊接,X是热膨胀系数为 $13\sim 15$ m/K的金属或合金金属(如镍),Y为与金的热膨胀系数相差较大的金属或合金金属(如锡铜)^[11]。常用金属的热膨胀系数可在相关文献中查询。

如表1所示,梁式封装二极管的装配可在3种方案中按实际情况准确选择,舍弃了多种装配方式

混用(如超声热压技术与引线互联技术混用)等装配方法,规范了设计和操作流程,使装配出来的系统电气性能良好,一致性高,可靠性高,缩短了设计周期,减小了设计和调试难度。

参考文献:

- [1] 王俊峰. 电子封装与微组装密封技术发展[J]. 电子工艺技术,2011,32(4):197-201.
- [2] 严伟,姜伟卓,禹胜林. 小型化、高密度微波组件微组装技术及其应用[J]. 国防制造技术,2009(5):45-49.
- [3] 杨邦朝,张经国. 多芯片组件(MCM)技术及其应用[M]. 成都:电子科技大学出版社,2001.
- [4] 任春岭,鲁凯,丁荣峥. 倒装焊技术及应用[J]. 电子与封装,2009,9(3):15-20.
- [5] 王建宏,何川,王戈. 复杂模拟电路仿真中的元件建模技术[J]. 计算机工程与设计,2012,33(12):4691-4695.
- [6] 孙彦清,梁锋,龙妹明,等. 二极管电路的频域分析[J]. 现代电子技术,2007,30(16):160-162.
- [7] 孙瑞婷. 微组装技术中的金丝键合工艺研究[J]. 舰船电子对抗,2013,36(4):116-120.
- [8] GONCALVES J M. Regions of stability for limit cycle oscillations in piecewise linear systems [J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2005, 50 (11): 1877-1882.
- [9] 刘春芝,贺玲,刘笛. 键合拉力测试点对键合拉力的影响分析[J]. 电子与封装,2008,8(5):9-11.
- [10] 李荣茂. 半导体封装键合工艺中常见缺陷识别和处理方法[J]. 科技信息,2010(30):156-158.
- [11] 苗恩铭,费业泰. 固体热膨胀系数实用解析[J]. 现代机械,2003(2):56-57.

《压电与声光》广告免费咨询卡

姓名:_____ 职务:_____ 职称:_____ 单位:_____

地址:_____ 邮编:_____ 电话:_____

您对本刊_____年_____期的 彩色 黑白 刊花广告

_____公司(厂家)_____产品/技术感兴趣

希望:索取公司资料 索取产品资料 询问价格 建立业务联系 其他_____

请将卡片寄往(或传真):《压电与声光》编辑部 读者服务部

通讯地址:重庆南坪2513信箱(400060) 电话:023-62919570 传真:023-62803425

复印有效