

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.10.018

环氧模塑封装材料的疲劳性能研究

郝秀云¹,舒平生¹,马孝松²

(1. 南京信息职业技术学院机电学院,南京 210046; 2. 桂林电子科技大学机电工程学院,广西桂林 541004)

摘要:采用疲劳实验系统对环氧模塑封装材料(EMC)的热机械疲劳性能进行了测试,并采用扫描电子显微镜(SEM)对疲劳断口进行了分析。结果表明,实验温度越高,试样所承受的应力水平越大,其疲劳寿命就越低;实验温度较低时,EMC在疲劳失效前没有出现应变突然增加的现象,随着实验温度的升高,一定循环内应变幅值增加得较快,而且单一循环内,温度越高应变幅值增加越大,疲劳失效也越快;EMC的疲劳断口分析表明,硅颗粒与环氧基质间的分层、环氧基质间的开裂、硅颗粒本身的开裂是其疲劳失效的主要形式,其中,高温情况下的最主要疲劳失效为硅颗粒与环氧基质间的分层。

关键词:环氧模塑封装材料;应力水平;扫描电子显微镜;失效形式

中图分类号: TN406 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)07-0073-03

Study on Fatigue Performance of Epoxy Molding Compound

Hao Xiuyun¹, Shu Pingsheng¹, Ma Xiaosong²

(1. Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Nanjing College of Information Technology, Nanjing 210046, China;

2. Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Thermo-mechanical fatigue performance of epoxy molding compound (EMC) was studied through fatigue testing system, and the fatigue fracture was observed by SEM. The results showed that temperature and stress level beared by specimens were higher, fatigue life of specimens was lowered. At lower experimental temperature, a sudden strain increase did not appear before fatigue damage. With experimental temperature increased, strain amplitude increased faster within a certain cycle, and in a single cycle, strain amplitude increased greater and fatigue failed faster with higher temperature. The fatigue fracture appearance analysis of EMC showed that layering between silicon particle and epoxy matrix, epoxy matrix cracking and silicon particle cracking were the main form of fatigue failure. The main fatigue failure under high temperature was layering between silicon particle and epoxy matrix.

Keywords: epoxy molding compound; stress level; scanning electron microscope; failure mode

引起集成电路失效的主要原因之一是内部各种材料的热膨胀系数(CTE)不匹配产生的较高的热-机械应力,导致其主要封装材料的疲劳失效。目前国内外已经有很多学者针对焊点的热-机械疲劳失效进行了研究^[1-3],但针对环氧模塑封装材料(EMC)的疲劳失效研究却很少^[4],仅有少部分关于EMC蠕变损伤的研究^[5]。对集成电路器件中EMC的疲劳性能进行研究,对于提高产品可靠性具有重要的意义。笔者采用疲劳实验系统对EMC的热-机械疲劳性能进行了测试,分别对常温、高温疲劳断口进行了分析,并对其疲劳失效机制进行初步探讨。

1 实验研究

1.1 实验材料与试样形状

实验采用的EMC主要应用于典型的IC器件

封装中,具有一定的代表性。它主要是由环氧树脂添加65%的硅微粉形成的一种热固性材料,填充颗粒直径为15 μm,其玻璃转化温度约为165℃。

实验用试样如图1所示,是参照塑料产品拉伸性能的标准进行制作,该试样标距段截面尺寸为6 mm×3 mm。



图1 试样结构

联系人:郝秀云,讲师/工程师,主要从事微电子封装技术、电子表面组装技术等研究

收稿日期:2012-08-18

1.2 拉伸疲劳实验

拉伸疲劳实验使用美国 Instron 公司的 8801 材料实验系统完成。

疲劳实验过程中,考虑 EMC 导热性差的特点,不能选取太快的频率,同时考虑到疲劳试验机自身的限制,因此疲劳实验频率确定为 1 Hz^[6],应力水平(q)取 0.65 和 0.75,分别在 25, 75, 125, 150 °C 进行实验。

1.3 SEM 分析

采用 ASM-SX 型扫描电子显微镜(SEM)对涂了导电层的试样断口进行分析。

2 结果与分析

2.1 EMC 的热-机械疲劳性能

图 2 为不同实验温度及应力水平下试样的平均疲劳寿命。从图 2 可以看出相同温度下, $q=0.65$ 时的疲劳寿命几乎是 $q=0.75$ 时疲劳寿命的 3 倍。而温度每升高 50 °C, 相同应力水平下的疲劳寿命会降低 50%。从上述分析可知, 应力水平和温度是影响 EMC 疲劳寿命的主要因素。

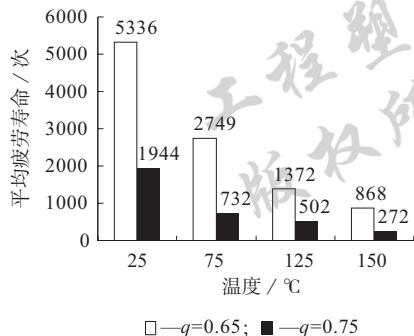


图 2 不同温度、应力水平下的平均疲劳寿命

图 3 为试样在 75 °C, $q=0.65$ 时第 1~3 个循环的应力应变曲线, 图 4 为该试样第 3, 20, 1924 个循环的应力应变曲线, 该试样实测疲劳寿命为 1925 次。

图 5 为试样在 150 °C, $q=0.65$ 时第 1~3 个循环的应力应变曲线, 图 6 为该试样第 3, 20, 913 个循环的应力应变曲线, 该试样实测疲劳寿命为 914 次。

从图 3 和图 5 可以看出, 应力应变曲线在第 3 个循环时形状已经基本稳定。

比较图 4 和图 6, 75 °C 时疲劳失效前一循环(第 1924 循环)的应力应变曲线与前面循环中应力应变曲线基本相近, 每个循环中应变幅值基本相当, 由此可见, 疲劳失效前没有出现应变突然增加的现象。而 150 °C 时疲劳失效前一循环(第 913 循环)的应力应变曲线与前面循环中应力应变曲线相比, 应变幅

值增加较大。由此可见, 随着温度的升高, 一定循环内应变幅值的增加加快, 而且单一循环内, 温度越高应变幅值增加越大, 疲劳失效因此也越快。

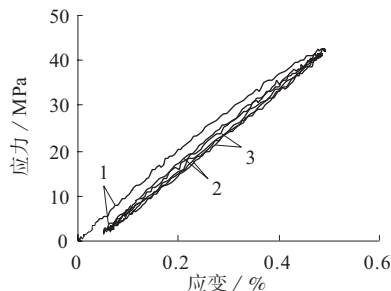


图 3 75 °C 时第 1~3 个循环的应力应变曲线

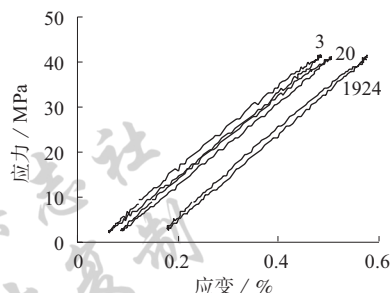


图 4 75 °C 时第 3, 20, 1924 个循环的应力应变曲线

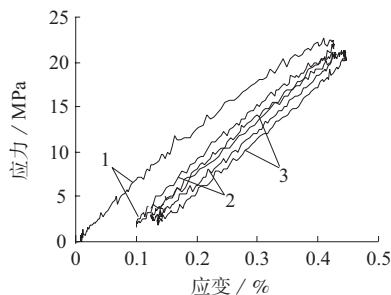


图 5 150 °C 时第 1~3 个循环的应力应变曲线

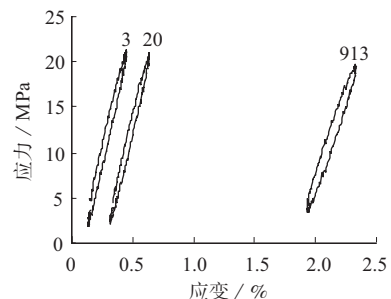


图 6 150 °C 时第 3, 20, 913 个循环的应力应变曲线

图 7 显示了 $q=0.65$, 75 °C 时失效前一循环和 150 °C 时失效前一循环的应力应变曲线。由于 EMC 为黏弹性材料, 其黏性随着温度的升高而增加, 材料完成一个应力应变循环所需的能量损耗也就增加, 因此随着温度的增加, 表现出循环的环状面积变大, 弹性模量降低的趋势。

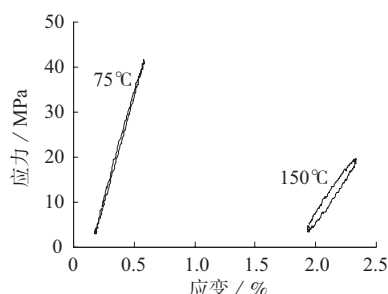
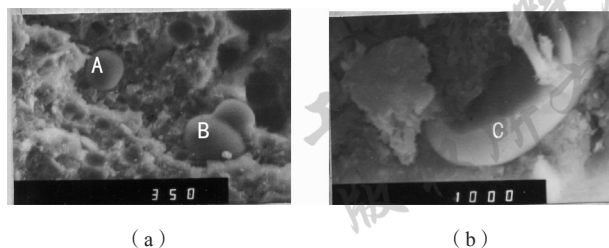


图7 不同温度下失效前某一个循环的应力应变曲线

2.2 EMC 的失效机制

图8为EMC的疲劳断口局部扫描照片。EMC的疲劳失效有以下3种形式:第一种,如图8a所示,硅颗粒A和硅颗粒B与环氧基质的分层;第二种,如图8a所示,硅颗粒A和硅颗粒B之间环氧基质间的裂纹;第三种是硅颗粒本身的开裂,如图8b中硅颗粒C,不过第三种情况发生的可能性较小。

图9是随机分布的硅颗粒和环氧基质间的分层连接起来,形成的较大裂纹。试样的最终断裂则是由这些裂纹逐渐级联扩张而最终形成的。



(a) (b)

a—放大350倍; b—放大1000倍

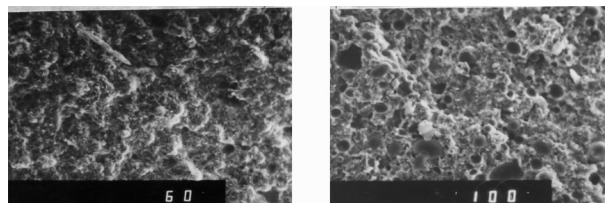
图8 EMC的变形机制



图9 断裂面微裂纹汇合区

图10显示了常温和150℃高温时的疲劳断口形貌。由于高温时黏弹性的环氧基质变得软化,在断裂前试样整体就已经有了一定程度的损伤,使得高温时硅颗粒与环氧基质间的界面分层更易发生,

因此高温时疲劳失效的形式主要为硅颗粒与环氧基质间的界面分层,如图10b所示。



(a) (b)

a—常温疲劳断口; b—高温疲劳断口

图10 疲劳断口形貌

3 结论

采用疲劳实验系统测试EMC的热机械疲劳性能,结果表明,随着实验温度升高,试样所受应力水平增大,其疲劳寿命降低较快,而应力水平的影响大于温度的影响;实验温度较低时,EMC在疲劳失效前不会出现应变突然增加的现象;实验温度较高时,一定循环内应变幅值增加得较快,而且单一循环内,温度越高应变幅值增加越大,疲劳失效因此也越快。SEM分析表明,EMC材料的失效形式主要有三种:颗粒与基质间的分层、基质间的开裂、颗粒本身的开裂;而高温时,由于EMC中基质的软化,颗粒与基质间的分层是最主要的失效形式。

参考文献

- [1] 张亮,薛松柏.基于蠕变模型间间距器件焊点疲劳寿命预测[J].机械工程学报,2009,14(9):279-284.
- [2] Lee J G, Telang A, Subramanian K N, et al. Modeling thermalmechanical fatigue behavior of Sn-Ag solder joints [J]. Journal of Electronic Material, 2002, 31 (11): 1152-1159.
- [3] 周俊,郝伟娜,柴国钟.微电子封装中焊点疲劳模型的现状与发展[J].机械设计与制造,2007(1):76-78.
- [4] 罗文波,杨挺青,张平.高聚物细观损伤演化的研究进展[J].力学进展,2001,31(2):264-275.
- [5] Liu Shilong, Qin Liancheng, Yang Daoguo, et al. A study on the creep damage of epoxy molding compound in IC package [C]. Fifth International Conference on Electronic Packaging Technology, 2003: 254-259.
- [6] 郝秀云,杨道国,秦连城,等.环氧模塑封装材料的热-机械疲劳失效分析[J].电子元件与材料,2005,24(5):49-54.

英国研究用废弃食用油制造生物塑料

细菌可以用于生产PLA塑料和PHB塑料,但它们在加工过程中必须要加入一定量的糖才能完成。不过,来自英国华威大学生物技术系的学生Bictor Irorere却打破了这一观念。近日,他利用Ralstonia eutropha H16细菌和废弃食用油

成功地制造出了塑料。

Irorere介绍,Ralstonia eutropha H16在废油中发酵48 h,可以产生比PHB三倍多的葡萄糖。而在电纺检测试验中,研究人员发现通过废油产生的塑料材料比PHB更适合在医药界使用。

(中国色母粒网)