

电子封装中防止树脂内应力的研究*

丁黎光

丁伟

(广西工学院机械研究所, 柳州 545006)

(重庆金映数控设备制造有限公司, 重庆 401120)

摘要 简要介绍电子封装在微电子产业中的作用, 分析和评价封装树脂的力学性能, 研究树脂产生内应力的机理。通过环境和寿命试验, 分析温度、湿度、不同的封装结构、不同树脂类型所引发的树脂内应力给封装带来的影响, 提出减少和防止树脂内应力、提高树脂封装质量的思路 and 措施。

关键词 电子封装 树脂 内应力 防止

目前, 电子尤其是微电子产业已逐渐演变为设计、制造和封装三个相对独立的方面。电子信息产业的竞争从某种意义上讲主要体现在电子封装上, 特别是大规模集成电路(LSI) 封装, 已成为微电子产业的瓶颈。封装引脚多、节距小、厚度薄, 封装体占面积大。另外, 封装还要求有支撑、连接、外场屏蔽、应力缓和、散热防潮、防伪等多功能。电子设备发展的同时, 封装引发的各种损伤和故障的潜在危险也在增加。电子封装涉及范围广, 属交叉学科, 多领域, 国内论著较少, 这就要求从系统工程出发, 投入力量进行研究^[1]。其中与电子封装相关的各类基础材料及性能是“硬中之硬”, 树脂材料是重要的封装原料之一, 它的质量和稳定性关系到电子设备工作的可靠性。

笔者主要针对由树脂内应力引起的封装缺损和故障, 通过试验, 提出减少和防止树脂内应力、提高树脂封装质量的思路 and 措施。

1 封装树脂的力学性能

封装所用的材料一般为环氧树脂(EP)、硅树脂等的复合材料。为了研究树脂内应力产生的缘由, 就应该了解和分析复合材料的力学性能。表 1 列出几种复合材料和常用材料某些力学性能的比较。由表 1 可看出, 复合材料的比强度和比模量相当高。复合材料发生断裂的机理是增强体与基体之间界面的分离, 使增强体从基体中拔出。显然, 决定复合材料性能的不仅是基体和增强体的性质、分布、尺寸, 而且还取决于两种材料结合界面的完整和稳定性。为了发挥复合材料的潜力, 必须充分保证基体和增强体之间具有良好的物理和化学相容性、界面化学浸润性、线胀系数匹配等。如果复合材料中增强体的线胀系数小于基体, 那么基体就处于压应力状态, 增强体则处于张应力状态; 增强体的弹性模量和应变值大于基体的对应值时, 匹配就理想等等。

表 1 几种复合材料和常用材料某些力学性能的比较

材料	密度 / g · cm ⁻³	拉伸强度 / MPa	拉伸弹性 模量 / GPa	比强度 / m ² · s ⁻²	比模量 / m ² · s ⁻²
EP	1.1	69	7	6.3 × 10 ⁴	6.4 × 10 ⁶
EP / Al ₂ O ₃ 晶须	1.6	779	41	4.9 × 10 ⁵	2.6 × 10 ⁷
EP / 碳纤维	1.6	105	237	6.6 × 10 ⁴	1.5 × 10 ⁸
EP / 硼纤维	2.1	136	207	6.5 × 10 ⁴	9.9 × 10 ⁷
钢	7.8	102	207	1.3 × 10 ⁴	2.7 × 10 ⁷
铝	2.8	76	69	2.7 × 10 ⁴	2.5 × 10 ⁷

2 封装中的应力和缺损^[2]

2.1 封装中的应力

封装中出现的应力有表面贴装时的热应力、模注时的热应力、封装时的热应力、芯片纤焊时的热应力、引线成型应力和模注脱应力等。LSI 封装中的各种应力分布如图 1 所示。应力主要是在基板压实和使用时发生, 封装树脂量越多, 内应力越大。它与树脂特性如线胀系数、粘度、耐湿性及封装方式有关。对于易发生应力集中的部位应特别注意。

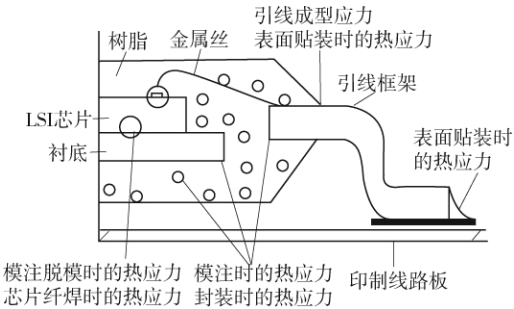


图 1 LSI 封装中各种应力分布示意图

2.2 封装中的缺损

用树脂覆盖在多层布线板上的微电子器件或芯片上, 使之与外界隔绝, 可实现封装。树脂内由于热传导、热膨胀和吸湿等产生内应力, 造成布线板发生翘曲, 使布线板上搭载的芯片、元器件剥离, 引起引

* 广西壮族自治区自然科学基金资助项目(桂科自 04810091 及桂科基 0342015)

脚键合连接破坏,造成布线板上厚膜出现裂纹,以致树脂产生裂纹,焊点开裂,芯片断裂或表面损伤,引起电路故障。

3 树脂内应力试验

树脂封装由于不同结构形式、封装方式、树脂特性、填料、添加剂等影响会产生内应力^[3]。为具体了解树脂内应力形成的原因,分别作了环境和寿命试验,如表 2 所示。由表 2 可知:①试验温度在一定范围循环变化多少次,就产生多少次循环内应力,如循环 15 次,首先在拉伸强度较低的部位如衬底上下或引线框架之间区域产生裂纹,连接芯片和引线的金属丝也会发生疲劳破坏;②焊点耐热性试验温度为(250 ±5)℃时,不能超过 12 s;③焊点附着性试验温度为(220 ±5)℃时,不应超过 8 s;④封装后在 125℃允许放置时间为 800 h,120℃允许放置时间为 1 100 h,-25℃允许放置时间为 500 h;⑤在 75℃及相对湿度大于等于 95%时允许放置时间为 500 h。

表 2 封装时的环境和寿命试验

项 目	条 件	破坏时间
环境 试验	温度循环 焊点耐热性 焊点附着性	-30 ~ +100℃ (250 ±5)℃ (220 ±5)℃ 15 个循环 12 s 8 s
寿命 试验	高温放置 低温放置 高温高湿放置	125℃(120℃) -25℃ 75℃,相对湿度大于 等于 95% 800 h(1 100 h) 500 h 500 h

通过试验分析,可以评价树脂在封装后接合界面的强度。图 2 示出树脂封装内的各种接合部位。在接合部位附近,存在应力特异场区域,其应力分布如图 3 所示。

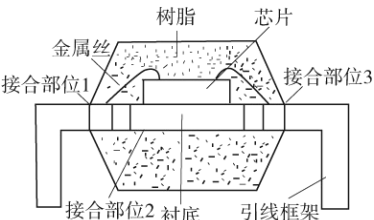


图 2 树脂封装内的各种接合部位

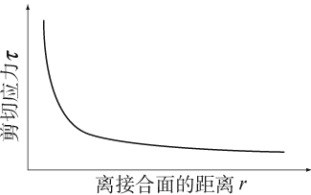


图 3 接合部位应力特异场的应力分布

图 3 中,剪切应力 $\tau = K_i / r \lambda$, 其中 K_i 为应力扩大系数; r 为离接合面的距离; λ 为特异性指数。从图 3 可以看出,离接合面越近,剪切应力越大。由于

剪切应力引起剥离,剥离可以用超声波探伤判断。针对不同树脂材料和衬底材料,有不同的剥离界限,又可得到各种接合部位的剥离界限曲线,如图 4 所示。

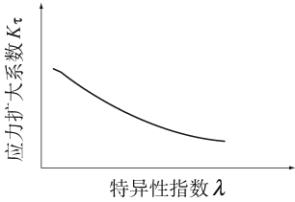


图 4 各接合部的剥离界限曲线

该曲线可以作为设计电子封装结构形式及选用树脂类型的参考。

4 树脂内应力的防止

为了提高树脂封装质量,必须减少和防止树脂内应力。为此,从树脂封装的结构设计、封装的操作过程和封装后的使用几方面进行介绍。

4.1 结构设计

在设计封装结构形式及选用树脂类型时,应重点考虑减少和防止内应力的问题。

(1) 对于容易发生应力集中的部位,如衬底上下区域,应选用拉伸强度较高的材料,设计时尽可能减少应力集中的部位。

(2) 根据树脂和衬底接合部位的剥离界限曲线,设计特异性指数 λ 较大和应力扩大系数 K_i 较小的结构形式。

(3) 有时树脂封装结构可用从里向外三层形式,如靠近芯片、引脚处为柔软层,中间为缓冲层,外部为致密层,这种结构可以减小内应力。

(4) 为了适应多引脚、大芯片的要求,封装尺寸越来越大,对树脂要求也越来越高。选择树脂材料有两个方向:一是采用高玻璃化转变温度的树脂,以改善弯曲强度和吸湿性,提高激光再流焊时抗裂纹的能力;二是采用联苯系树脂,以便在提高密封性、粘结性的同时,降低吸湿性,提高强韧性^[4]。

4.2 封装过程

封装过程的操作及所用的填料和添加剂等都影响内应力,应予把握。这里提出两点:①应注意温度、湿度的影响,如温度循环的次数在 10 次以内为好;焊点的耐热时间一般为 10 s 以内;②封装中填料对树脂线胀系数有影响,如增加 SiO₂ 填料含量可降低树脂线胀系数,对缓和封装内应力有效。

4.3 封装后的使用

封装后使用时要注意得当,如:①注意检查离接

合面较近的引脚是否剥离或松动, 插装这些部位的引脚时, 不要用力过大; ②应掌握好封装后使用的温度、温度差、放置时间、湿度等。

5 结语

(1) 树脂封装内应力与树脂的热变形温度、线胀系数、焊点的热疲劳、温度循环、湿度大小、封装体尺寸等有关。

(2) 树脂封装内应力的减少和防止, 应从封装的结构设计、封装操作过程和封装后的使用综合考虑, 再采取相应对策, 效果会较好。

(3) 由于树脂的内应力带来的封装缺损和故障涉及到材料科学、力学、热学等多学科, 尚有待不断研究, 以适应高密度、高集成电子设备的发展。

参考文献

- 1 童志义. 高密度封装技术现状及发展趋势. 电子工业专用设备, 2000, 29(2): 1
- 2 孙宏伟, 罗文丽. 塑封成形缺陷研究. 微电子技术, 1999, 27(2): 9
- 3 田民波, 梁翔, 何卫. 电子封装技术和封装材料. 半导体情报, 1995, 32(4): 42
- 4 高谷稔, 远藤敏一. ハイブリッド積層技術. エレクトロニクス実装技術, 2003, 19(1): 30

RESEARCH ON PREVENTING THE INTERNAL STRESS OF RESIN IN ELECTRONIC ENCAPSULATION

Ding Liguang

(Institute of Machinery, Guangxi Institute of Technology, Liuzhou 545006, China)

Ding Wei

(Chongqing Jinying NC Equipment Manufacturing Co. Ltd., Chongqing 401120, China)

ABSTRACT The roles of electronic encapsulation in micro-electronic industry are briefly introduced. The mechanical properties of resin are analyzed and assessed, and the producing mechanism of internal stress in resin is studied emphatically. The effects on encapsulation brought by the internal stress of resin, which is initiated by changes in temperature and humidity, different structure of encapsulation and different types of resin are analyzed by environment and life experiments. Some thoughts and measures to improve the quality of resin encapsulation are put forward.

KEYWORDS electronic encapsulation, resin, internal stress, preventing

全球塑料瓶盖瓶塞增速快

据 AMI 咨询公司最新研究报告预计, 未来 5 年全球塑料瓶盖瓶塞产量有望以年均 5.6% 的速度增长, 而金属瓶盖瓶塞产量增速仅 3%。

AMI 公司指出, 塑料瓶盖瓶塞领域将发生进一步并购。2004 年, 全球前 10 大塑料瓶盖瓶塞生产商产量约占全球总产量的 60%, 而前 25 大生产商产量约占全球总产量的 3/4。另外因聚合物价格直线上涨降低了该行业赢利能力, 未来 5 年将有多达 200 家公司可能会退出塑料瓶盖瓶塞生产。

AMI 公司的报告还指出, 2004 年塑料瓶盖瓶塞原料主要是聚丙烯、高密度聚乙烯和线性低密度聚乙烯, 分别约占 61.1%、29.6%、6.9%。未来 5 年该领域对聚乙烯的需求将以年均 4% 以上的速度增长, 而聚丙烯增速仅为年均 2% 左右。

(虎晓华)

衡水金轮高性能改性尼龙上市

一种广泛用于石化、工程、矿山等领域机械零配件生产的高性能改性尼龙, 日前在河北衡水金轮塑业有限公司开发成功, 并投放市场。

目前, 我国用于机械零配件生产的改性尼龙材料大多还依靠进口。河北衡水金轮塑业有限公司研发的高性能尼龙添加了自行研制的抗磨添加剂, 材料的抗磨性能提高 3 倍以上; 缺口冲击强度提高 4 倍以上; 拉伸强度达到 150 ~ 160

MPa, 比改性前提高 1 倍以上; 挠曲强度也由过去的 80 MPa 提高到 180 MPa; 热变形温度达 150℃ 以上。

(魏双林)

美国推出新型大面积车窗玻璃技术

美国 GE 高新材料集团与 Exatec 公司合作, 采用 GE 高性能聚碳酸酯 (PC) (LEXAN GLX) 和 Exatec 独特的涂层技术, 推出了用于汽车后窗、天窗和其它三维部件的大型三维玻璃面板。这种抗寒耐热轻型车窗玻璃不仅具有 PC 出色的透明性及良好的耐化学药品性和耐磨性, 而且有很高的冲击强度、优异的尺寸稳定性和持久的防紫外线性, 有助于减少进入汽车内部的热量, 从而降低制冷系统的负荷。

GE 集团和 Exatec 公司的创新得到了领先汽车制造商的积极响应, 因此市场上颇受欢迎。第一批试用产品已投入使用。

(侯健)

普立万多种聚合物产品供应中国市场

Geon 公司和 M. A. Hanna 公司合并缔造的美国普立万公司成为全球聚合物产品和服务的特殊化学品供应商。普立万公司拥有五大主营平台, 业务遍布全球, 年产值超过 20 亿美元, 员工人数超过 5 000。公司主要产品有: 色母粒、功能助剂母粒; 以 PA、PC 为主的复合材料; 电线、电缆的着色、护套料、绝缘料、填充料; 适用于纺织印刷的油墨类等聚合物涂层系统。为方便供应中国市场, 普立万在上海、深圳、苏州等地设有聚合体有限公司。

(工塑)