

文章编号: 1007 - 4252(2002)04 - 0402 - 05

COB 封装中芯片在基板不同位置的残余应力

孙志国, 黄卫东, 蒋玉齐, 罗乐

(中国科学院上海微系统与信息技术研究所, 上海 200050)

摘要: 利用硅压阻力学芯片传感器作为原位监测的载体, 研究了直接粘贴芯片的封装方式中, 芯片在基板上的不同位置对于封装后残余应力的影响以及在热处理过程中残余应力的变化, 发现粘贴在基板靠近边的位置和中心位置时应力水平接近, 但是靠近基板一角的位置应力较大, 而且在热处理过程中应力出现“突跳”和“尖点”。

关键词: 硅压阻传感器; 残余应力; 位置; 失效

中图分类号: TG407; TN305.94 **文献标识码:** A

Residual stress of different substrate site on in COB packages

SUN Zhi - guo, HUANG Wei - dong, JIANG Yu - qi, LUO Le

(Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology, Chinese Academy of Sciences,
Shanghai 200050, China)

Abstract: Silicon piezoresistive sensor was applied here to in - situ record the curing stress profile, the distributions of the residual stress and the stress evolution profile during thermal treatment. It is found that when the chip is attached at the center or near one edge of the base board, the residual stress is relatively low; when the chip is attached near a corner of the base board, the residual stress is relatively high. Moreover, during the thermal treatments dramatic shocks and stress peaks are recorded when the chip is attached near the corner of the base board.

Key words: silicon piezoresistive chip; residual stress; site; failure

1 引言

随着芯片技术的迅猛发展, 重量轻、尺寸小的新一代智能电子产品不断问世, 对电子封装的封装密度要求也越来越高, 多芯片模式(MCM, Multi - Chip Module)是其中的一种解决方案。它是将两片或两片以上的芯片集成在一起的技术。为了有效地利用基板材料的面积, 经常采用 COB(Chip on Board)的封装方式将芯片粘贴在基板的不同位置。由于封装所

带来的残余应力将直接影响芯片的性能和使用寿命, 所以有必要了解有机基板材料上的不同位置的残余应力。国内外尚未发现这方面相关的报道。另外, 和其他方法如激光干涉法^[1]、X 射线衍射法相比, 压阻传感测量法最适合于实时监测^[2-4]。本研究将研究粘贴在不同位置的芯片表面的残余应力, 并且原位测量热处理过程中的应力变化过程。

收稿日期: 2002 - 02 - 20; 修订日期: 2002 - 03 - 27

基金项目: 国家科技部 973 资助项目 G1999033108

作者简介: 孙志国(1972 -) 男, 博士。

联系人: 罗乐, 教授(E - mail: leluo@mail.sim.ac.cn)。

2 实验原理、方案及装置

图 1 是硅的 (111) 面示意图。在实验中采用的是基于此面上的 n 型硅压阻传感芯片。根据相关的压阻理论,采用平面应力解的力学计算公式^[2],

$$\sigma_{11} - \sigma_{22} = \left(\frac{1}{B_1 - B_2} \left[\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_3}{R_3} \right] \right) \quad (1)$$

$$\sigma_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{B_1 - B_2} \left[\frac{\Delta R_2}{R_2} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right] \right) \quad (2)$$

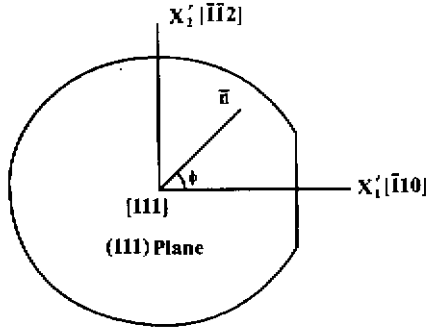


Fig. 1 (111) silicon wafer geometry

图 1 (111) 硅片

其中, σ_{ij} 是应力分量, B_1 、 B_2 是相互独立的压阻系数, R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 分别代表 $\phi = 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ 四个方向的电阻值, ΔR 表示在应力作用下和无应力作用下的电阻差值。

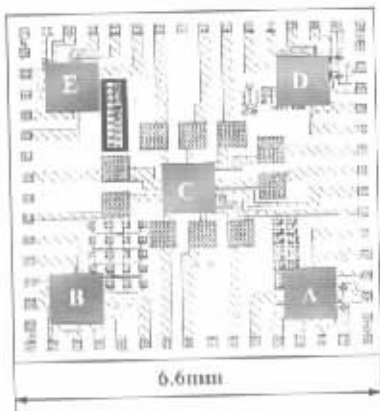


Fig. 2 Silicon piezoresistive test chip

图 2 测试用的硅压阻传感芯片

实验中采用的含 Si(111)面 n 型压阻传感器的芯片尺寸为 6.6mm × 6.6mm × 1.35mm(见图 2)。芯片上有五个测试点(A、B、C、D、E),每个测试点有八

组电阻,分别向八个方向伸展,感应不同方向的电阻变化值。电阻测试使用多通道实时测试系统,由微机控制的 Keithley2001 多用表及其内置的扫描卡组成。

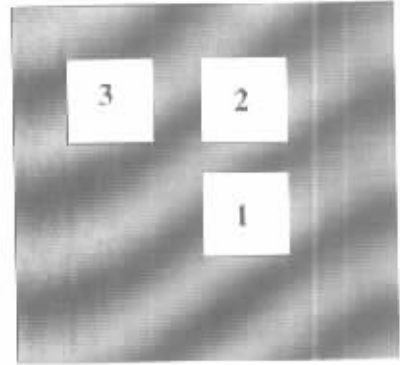


Fig. 3 Schematic drawing of the chip on the substrate

图 3 芯片粘贴在基板上的位置示意图

在实验中,基板材料采用电子行业广泛使用的 FR4(环氧树脂纤维布覆铜箔层压板)材料。所选的基板的尺寸均为 40mm × 40mm × 1mm。芯片分别贴在两种基板的中心位置、靠近一边的位置和靠近一角的位置,分别对应标号为 1、2 和 3(见图 3)。应当指出的是,图 3 的基板上具有可以和芯片上的引脚相连的电路图形,这里为了示意粘贴位置而省略。

测试步骤为:通过金丝球焊先将硅片上待测试电阻所对应的焊盘连接到基板的引脚上,测量在无应力状态下的电阻值;在基板加热到 60°C 时将粘合剂充入基板材料与芯片之间,然后在 150°C 烘箱内固化。固化过程按照商业产品的使用说明进行,在有机粘合剂的固化过程中测量电阻随温度的变化。在粘合剂完全固化后,再次测量最后的电阻值。热处理在固化完成 24h 以后进行。考虑到固化温度和粘合剂的特殊关系,固化后的热处理仍然采用固化时的处理制度,即将已经固化的样品重新在烘箱内升到固化温度 150°C,然后自然降温,然后再次记录其电阻值。

选用的粘合剂参数为:玻璃化转变温度 $\theta_g = 135^\circ\text{C}$, 低温热膨胀系数 $\alpha(< \theta_g) = 28 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, 高温热膨胀系数 $\alpha(> \theta_g) = 90 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, 弹性模量 $E = 9\text{GPa}$, 粘合强度为 145 MPa, 固化制度为 150°C × 60 min。实验中采用的 FR4 材料的热膨胀系数为 $16 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, Si 为 $3.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 。

3 实验结果与讨论

3.1 测得不同位置的残余应力分布

将取自同一流程、同一硅片上的三个独立应力

传感芯片，分别粘贴在图 3 所表明的位置 1、2、3 上。将测得数据进行处理归纳，绘出图 4。

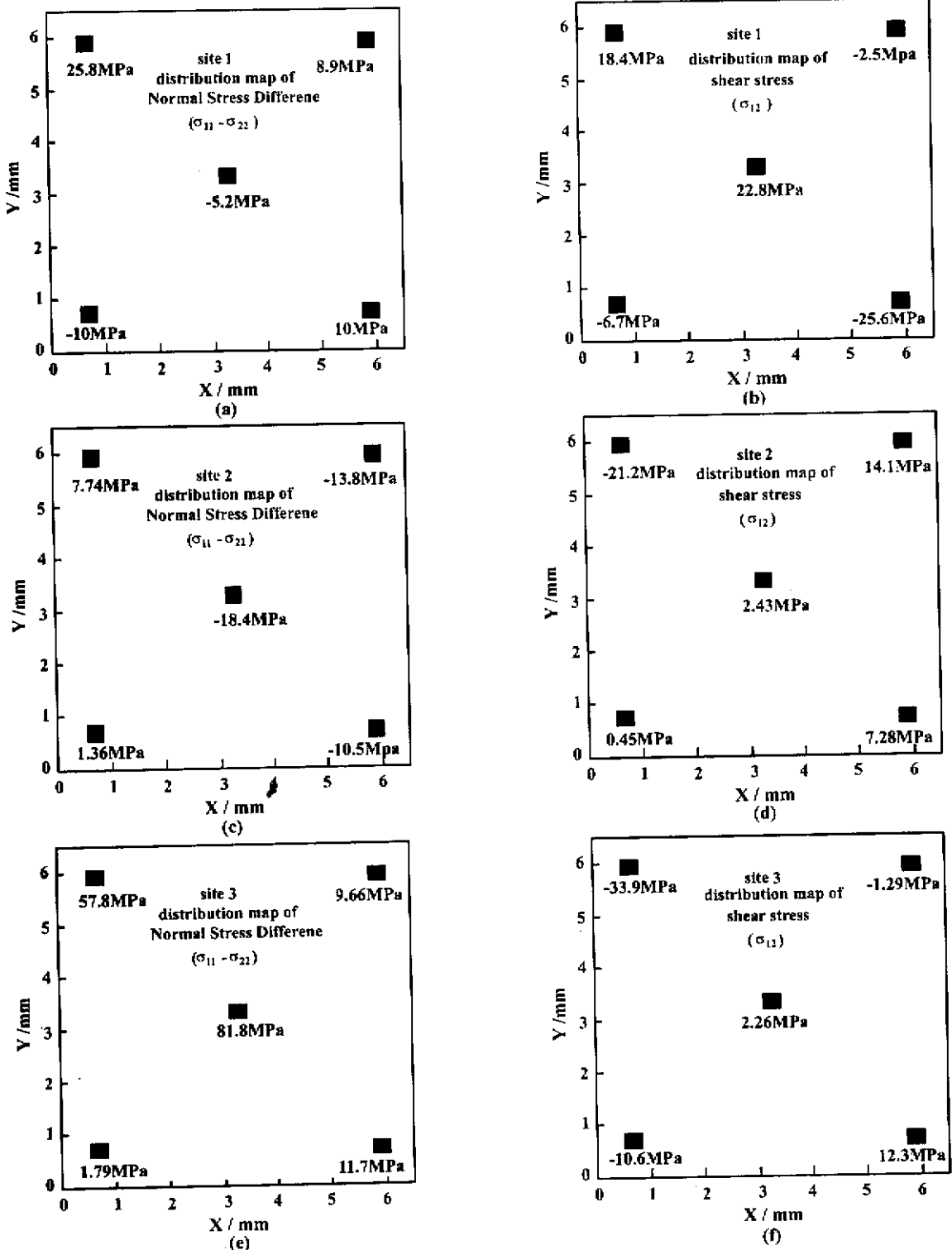


Fig. 4 Distribution map of residual stress on surfaces of chips attached at different sites

(inside which Figures a&b are at site 1, Figures c&d are at site 2 and Figures e&f are at site 3)

图 4 芯片粘贴在不同位置时的表面残余应力分布(其中图 a, b 对应位置 1 图 c, d 对应位置 2 图 e, f 对应位置 3)

对图 4 中的数据进行数理统计,可以得到表 1。从表 1,可以看到在不同位置的表面正应力差和剪切应力的平均值、标准偏差和最大值。就正应力差而言,在位置 1 和位置 2 的水平相当,位置 1 的平均值和最大值略高于位置 2,位置 1 的标准偏差略小于位置 2,但是位置 1 和位置 2 的平均值、标准偏差和最大值都远远小于位置 3 的对应值。而对于平面剪切应力而言,位置 1 和位置 2 的标准偏差和最大值比较接近,但是位置 1 的平均值高于位置 2 的平均值。位置 3 的标准偏差都高于位置 1 和位置 2,平均值介于位置 1 和位置 2 之间。综上所述,当芯片粘贴在基板的不同位置时,位置 1 和位置 2 的应力水平和分布状况比较接近,而位置 3 的应力水平高于位置 1 和位置 2,应力分布也更加分散;不同位置在正应力差方面的差异要甚于在剪切应力方面的差异。

3.2 固化和热处理过程中的应力变化曲线

实验还对热处理过程中的应力变化作实时记

录,作出如下曲线(见图 5)。

图 5 是芯片粘贴在位置 2 和位置 3 时芯片表面的正应力差在热处理过程中随时间的演化曲线,其中(a)图对应位置 2,(b)图对应位置 3。图中用为了使实验结果具有可比性,这里都考察 E 点的正应力差。图中用两条平行的粗线条围成的窗口对应实验中的保温阶段。E 点是芯片靠近角上的一点,所以应力比较集中,变化也比较剧烈。从(a)图可以看出,在位置 2,在固化后的三次热处理过程中应力基本上重复着相同的轨迹,即在升温的过程中应力逐渐释放,在保温阶段应力在零点上下浮动,而在冷却阶段应力积聚,回到起点的水平线上。而在(b)图中,在位置 3,在固化后的热处理过程中,应力变化剧烈。在第一次热处理过程中,在保温大约 20min,即 70min 时,应力突然剧增,从 -20MPa 增加到 -76MPa,然后应力在冷却过程中逐渐释放到大约 -40MPa。在第二次热处理过程中,正应力差发生了更加剧烈的变化,在大约 70min 时,应力剧减到大约 -20MPa,在保温阶段结束后,大约 120min 时,应力突然出现

表 1 残余应力分布结果统计

Table 1 Statistics of the distributions of the residual stress

Site	$ \sigma_{11} - \sigma_{12} / \text{MPa}$			σ_{12} / MPa		
	Average	$\pm \text{SD}^*$	Maximum	Average	$\pm \text{SD}$	Maximum
1	12.0	5.53	25.8	15.2	8.48	25.6
2	10.4	6.41	18.4	9.1	8.57	21.2
3	32.6	35.2	81.8	12.1	13.1	33.9

* SD = Standard Deviation

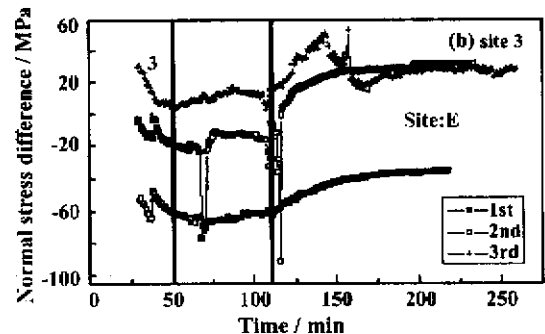
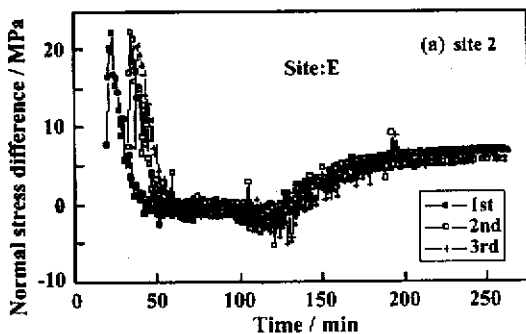


Fig. 5 Curves of chip surface E stress (attached at different sites) vs. time for several times thermal treatments

图 5 在多次热处理过程中粘贴在不同位置时芯片表面 E 点的应力随时间的演化曲线

一个峰值,到达 -88MPa ,然后正应力差迅速转向为正值,即正应力在相互正交的方向上的分布发生了变化,然后应力又逐渐积聚到大约 30MPa 。在第三次热处理过程中,应力在升温阶段释放了一部分,在保温阶段比较稳定,但是在冷却阶段应力在冷却的初始阶段出现两个峰值,并在热处理结束时回到了热处理开始时的水平。

综上所述,可以发现,每一次热处理的应力都是从上一次热处理结束的应力水平开始的,这说明在热处理以后,当芯片在空气中保存的时候,应力变化很小,即在经过热处理以后应力处于一个比较稳定的水平。当芯片粘贴在靠近一边的(位置2)时,应力变化在热处理过程中每次都重复着相同的变化趋势,即在升温的时候应力逐渐释放,在保温的时候处于低应力状态,在冷却过程中应力又逐渐积聚。当芯片粘贴在基板中心(位置1)时,可以发现相同的规律。当芯片粘贴在靠近一角(位置3)时,芯片在热处理过程中应力变化剧烈,出现应力“突跳”和“尖点”,因此芯片应该尽量避免粘贴在这一位置。由于粘合剂在加热过程中由固态转化为液态,而在冷却过程中又发生液态向固态的转变,因此在角位置处由于重心的偏移可能导致粘合剂在芯片和基板材料之间发生形变,对应在应力上,即可能表现为“突跳”和“尖点”。而在基板的中心位置和靠近一边的位置上,不大可能发生类似的重心偏移,所以应力变化表现为连续的。

4 结论

通过对芯片粘贴在不同位置时芯片表面的残余应力和以及在热处理过程中的应力变化的原位测

量,可以得出以下结论:

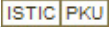
1. 当芯片粘贴在基板中心和靠近一边的位置时粘接剂固化后残余应力分布的平均值、数值的分散性和最大值处于相接近的水平,但和粘贴在靠近一角的位置时应力分布状况不同。粘贴在靠近一角的位置时应力的分散性大,最大值也远远大于粘贴在另外两个位置;应力最大值均分布在芯片最靠近一角的点上。

2. 芯片粘贴在中心位置和靠近一边的位置时,应力在热处理过程中随不同的温度制度呈有规律的起伏变化,而粘贴在靠近一角的位置时芯片的应力在热处理过程中变化剧烈,出现“突跳”和“尖点”。

参考文献:

- [1] Voleshin A S, Tsao P. -H, Pearson R A. In situ Evaluation of Residual Stresses in an Organic Die - Attach Adhesive [J]. *ASME Journal of Electronic Packaging*, 1998, 120: 314 - 318.
- [2] Bittle D A, Suhling J C, Beaty R E, *et al.* Piezoresistive stress sensors for structural analysis of electronic packages[J]. *Journal of electronic packaging*, 1991, 113: 203 ~ 215.
- [3] Prema Palaniappan, Daniel F. Baldwin, Paul J. Selman, *et al.* Correlation of flip chip underfill process parameters and materials properties with in - process stress generation[J]. *IEEE transactions on electronics packaging Manufacturing*, 1999, 22(1) : 53 ~ 62.
- [4] Zou Y, Suhling J C, Jaeger R C, Die surface stress variation during thermal cycling and thermal aging reliability tests [A]. *Proceedings - Electronic Components and Technology Conference* [C]. 1999.

COB封装中芯片在基板不同位置的残余应力

作者: 孙志国, 黄卫东, 蒋玉齐, 罗乐
作者单位: 中国科学院上海微系统与信息技术研究所, 上海, 200050
刊名: 功能材料与器件学报 
英文刊名: JOURNAL OF FUNCTIONAL MATERIALS AND DEVICES
年, 卷(期): 2002, 8(4)
被引用次数: 1次

参考文献(4条)

1. [Prema Palaniappan; Daniel F. Baldwin; Paul J](#) [Correlation of flip chip underfill process parameters and materials properties with in-process stress generation](#) [外文期刊] 1999(01)
2. [Bittle D A; Suhling J C; Beaty R E](#) [Piezoresistive stress sensors for structural analysis of electronic packages](#) [外文期刊] 1991
3. [Voleshin A S; Tsao P.-H; Pearson R A](#) [In situ Evaluation of Residual Stresses in an Organic Die-Attach Adhesive](#) [外文期刊] 1998(3)
4. [Zou Y; Suhling J C; Jaeger R C](#) [Die surface stress variation during thermal cycling and thermal aging reliability tests](#) [外文会议] 1999

本文读者也读过(10条)

1. [赵良. ZHAO Liang](#) 钢弹性体材质、热处理工艺对传感器滞后误差的影响探讨 [期刊论文]-[衡器](#)2006, 35(6)
2. [孙以材. 刘江. 王志欣. 李宏中](#) 弹性钢环力传感器及其电路系统研究与应用 [期刊论文]-[传感器世界](#)2001, 7(6)
3. [侯占民. 王金文. 杨金梅. 崔宏敏. HOU Zhan-min. WANG Jin-wen. YANG Jin-mei. CUI Hong-min](#) 一种高温绝压传感器弹性膜片技术研究 [期刊论文]-[黑龙江大学自然科学学报](#)2009, 26(6)
4. [苏建尧](#) 热处理工艺对不锈钢称重传感器准确度的影响 [会议论文]-1999
5. [孙志国. 张群. 黄卫东. 蒋玉齐. 程兆年. 罗乐](#) 板上芯片固化及热处理过程中表面残余应力的演变 [期刊论文]-[半导体学报](#)2002, 23(8)
6. [林德法. 何其武. LIN De-fa. HE Qi-wu](#) 2Cr13弹性体材料热处理工艺调整对称重传感器性能的影响 [期刊论文]-[衡器](#)2007, 36(z1)
7. [孙海玮. 陈信琦. 刘宏伟](#) 小型差压传感器高过载结构的设计研究 [会议论文]-2005
8. [郭明金. 姜德生. 袁宏才. 干维国. GUO Ming-jin. JIANG De-sheng. YUAN Hong-cai. GAN Wei-guo](#) 两种不同膜片的光纤光栅压力传感器的研究 [期刊论文]-[激光技术](#)2005, 29(6)
9. [王菡. 付敬奇. 陈关君. WANG Chang. FU Jing-qi. CHEN Guan-jun](#) 差压传感器非线性特性研究 [期刊论文]-[传感器与微系统](#)2007, 26(10)
10. [赵刚. 孙风桐](#) COB技术 [期刊论文]-[南开大学学报\(自然科学版\)](#)2002, 35(4)

引证文献(1条)

1. [曹光明. 耿东峰. 徐淑丽. 蒲季春. 杨雪锋. 李龙. 何英杰. 吴伟. 张国栋. 付浩](#) 应力制约的InSb焦平面探测器均匀性 [期刊论文]-[红外与激光工程](#) 2007(z1)