

文章编号: 0258-7025(2006)Supplement-0395-03

激光电子散斑技术在集成电路封装 热可靠性研究中的应用

熊显名, 胡放荣, 李 根

(桂林电子工业学院电子工程系, 广西 桂林 541004)

摘要 基于激光电子散斑技术(ESPI)可测量微小形变和位移的原理,对超大规模集成电路(VLSI)进行了热稳定性测试。由实验分别得到了两片同型号 CPU 在相同热加载时的电子散斑图,利用离面位移的近似计算公式,求出各热加载下的离面位移值,进而拟合出了离面位移随热量的变化曲线。通过分析曲线的变化规律,推测出了 CPU 的热稳定性和热可靠性的优劣。该检测方法具有快捷、无损以及可信度高等特点,不仅能够适用于大规模集成电路封装的热可靠性测试,而且在诸多电子器件、光电子器件的热特性和封装可靠性测试中,也具有十分重要的推广应用价值。

关键词 激光技术; 超大规模集成电路; 电子散斑干涉技术; 封装; 热可靠性; 无损检测

中图分类号 TN249 **文献标识码** A

Application of Electronic Speckle Pattern Interferometry in Heat Reliability Research on Very Large Scale Integration Package

XIONG Xian-ming, HU Fang-rong, LI Gen

(*Electronic Engineering Department, Guilin University of Electronic Technology, Guilin, Guangxi 541004, China*)

Abstract Based on the principle that it is possible to test minuteness displacement and deformation with electronic speckle pattern interferometry (ESPI), the heat reliability of very large scale integration (VLSI) is tested. The speckle pictures of two different CPU under different heat load are obtained experimentally. By using the approximate formula of off-surface displacement. The off-surface displacement values are calculated and the simulation curve of off-surface displacement with heat is plotted. Through analyzing the changes of curve, the heat reliability and the stability of CPU are expressed. Because this test means is fast nondestructive and with high reliability, it can not only fit for heat reliability test of VLSI package, but also for package reliability test of many other electronic and photo-electronic devices.

Key words laser techniques; very large scale integration; electronic speckle pattern interferometry; package; heat reliability; nondestructive test and measurement

1 引 言

激光电子散斑技术(ESPI)是计算机图像处理技术、激光技术和全息干涉技术相结合的一种新技术,可用于测量物体的微小位移、应变、振动以及表面粗糙度等,还可以用于无损检测。本文基于激光电子散斑技术可以测量微小离面位移的原理,来检测热加载时超大规模集成电路(VLSI)的离面位移,并根据实验数据和拟合曲线,分析封装的热稳定性和热可靠性。在集成电路封装的可靠性测试中,该方法具有快捷方便、无损检测以及可信度高等特点。

2 大规模集成电路的热分析

随着 VLSI 工艺技术的飞速发展,VLSI 的特征

尺寸下降,工作频率和功率损耗也随之上升,使其发热密度升高,且随高速化和高集成化的进展,必须抑制结温升^[1,2]。因为结温升高,封装材料会暴露在连续高温环境中,这样很难保证有机材料本身及其与其他有机和无机材料的界面在连续高温环境下的稳定性。

另外,随着基片面积的增加、温度变化的加剧以及有机材料的广泛使用,集成电路元件和材料的绝对和热环境机械应力日益提高,而热应力可引起封装破裂、芯片破裂、金属丝断裂、保护膜破损以及特性变化等故障^[3]。再加上各封装级次存在的压力、张力和剪切力,使得 VLSI,塑料和焊接出现疲劳、分层和开裂现象,这对于反装片组件尤为突出。

基金项目: 广西教育厅基金资助课题。

作者简介: 熊显名(1964—),男,广西桂林人,桂林电子工业学院高级工程师,主要从事激光无损检测的研究。

E-mail: xmxiong@gliet.edu.cn

3 激光电子散斑技术测量 VLSI 的热变形

激光电子散斑技术测量物体的离面位移具有实时、灵敏和全场等特点。用来测量 VLSI 工作时因升温而产生的离面位移的实验光路如图 1 所示^[4~6]。

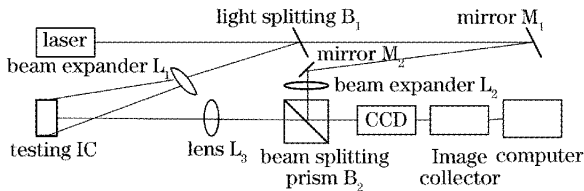


图 1 实验原理图

Fig. 1 Experimental setup

He-Ne 激光器发出波长为 633 nm 的激光，经分束镜 B₁ 后分成物光和参考光两部分，物光经扩束镜 L₁ 后照亮待测 CPU，待测 CPU 由成像透镜经分束镜 B₂ 后到达 CCD 摄像机靶面。参考光由分束镜 B₂ 反射后进入 CCD 靶面，在 CCD 靶面上物光散斑场与参考光场相互干涉形成干涉散斑。该干涉散斑被图像采集卡采集后输入计算机进行处理，得到物体的变形信息。

为了使光路对离面位移敏感，物光的入射角 θ 应该很小， $\cos \theta \approx 1, \sin \theta \approx 0$ 。这样暗条纹处的离面位移 $\Delta\delta$ 与波长 λ 存在近似关系式^[7]

$$\Delta\delta = k\lambda/2,$$

其中 k 为该暗条纹相对边缘暗条纹的级数。

分别对两片 CPU(型号为 P4-2.0 GHz, 功耗为 65 W) 在发热量 Q 分别为 130 J, 260 J, 390 J 和 520 J 时, 采集到的实物像及其散斑图像如图 2, 3 所示。

由图 2 和图 3 各图中央暗条纹的级数, 可以求

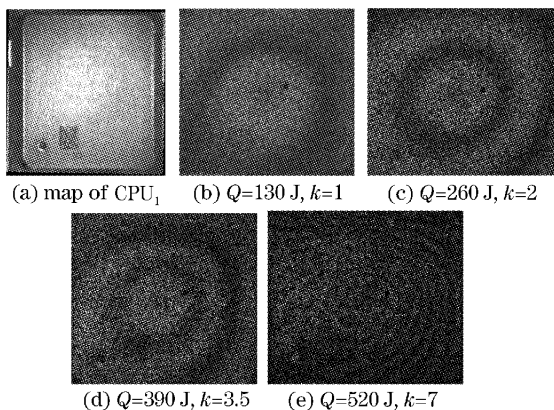


图 2 CPU₁ 实物及其散斑图像

Fig. 2 Map of CPU₁ and its ESPI

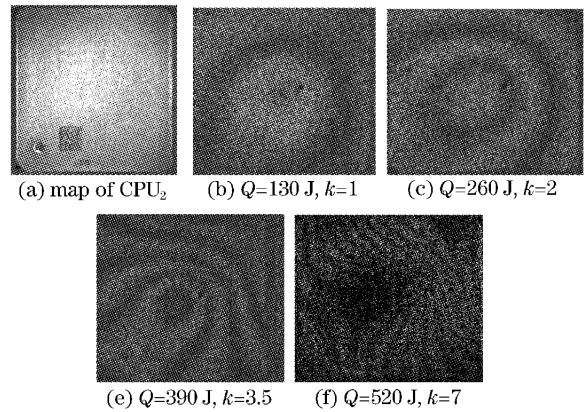


图 3 CPU₂ 实物及其散斑图像

Fig. 3 Map of CPU₂ and its ESPI

出其对应的离面位移 $\Delta\delta$ 。表 1 为两块 CPU 在不同热加载下的离面位移。

表 1 CPU₁ 与 CPU₂ 的实验数据

Table 1 Experimental value of CPU₁ and CPU₂

CPU ₁			CPU ₂		
Q / J	k	$\Delta\delta$	Q / J	k	$\Delta\delta$
130	1	317.5	130	1	317.5
260	2	633	260	2	633
390	3.5	1107.8	390	2.5	791.3
520	7	2215.5	520	8	2532

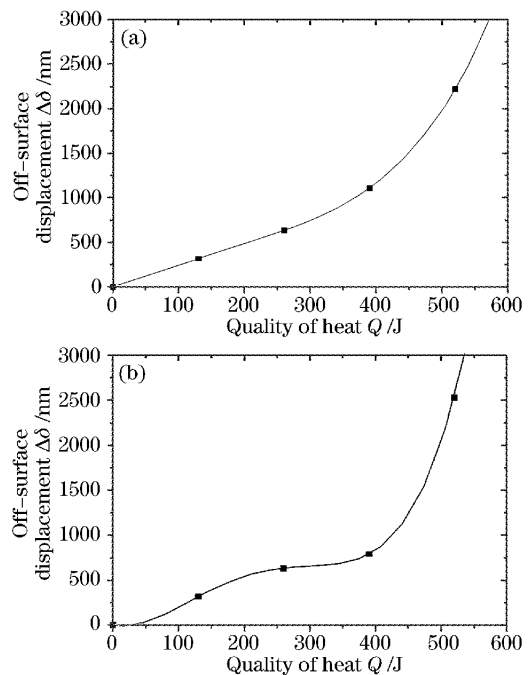


图 4 CPU₁ (a) 和 CPU₂ (b) 的离面位移随热量变化曲线

Fig. 4 Curve of CPU₁ (a), CPU₂ (b) off-surface displacement with heat

对 CPU₁ 与 CPU₂ 的数据进行多项式曲线拟合,分别得到如图 4 的变化曲线。由曲线可以知道 CPU₁ 的热稳定性比 CPU₂ 的热稳定性好,因此 CPU₁ 的热可靠性也比 CPU₂ 高。

4 提高热可靠性的措施

从 VLSI 的发展趋势来看,其功能将会不断增加,从而功耗也会随之增加,为了增加器件的散热冷却能力,需要采取有效的散热冷却措施。当功耗在 2~3 W 以上时,封装时需要增设散热片或热沉;在 10 W 以上时,必须采用强制冷却手段。其次,进行合理的热设计。利用相关软件对热源进行合理布局,使其处于最佳散热状态。

5 结 论

通过对实验获得了两片同型号 CPU 的热变形信息,该信息反映离面位移随热加载的拟合曲线,并推断出了其封装的可靠性。该方法不仅适用于大规模集成电路封装的可靠性测试,而且在其他电子器件或光电子器件的热稳定性和封装可靠性测试中,

也具有十分重要的应用价值。

参 考 文 献

- 1 Tian Mingbo. *Electroni Package Engineering* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003. 614~619
田民波. *电子封装工程* [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003. 614~619
- 2 Li Yuzhen. Future reliability challenges of electronic systems packaging [J]. *Electronic Products Reliability and Environment Test*, 1999, **3**: 42~44
李玉珍. 未来电子系统封装可靠性面临的困难 [J]. *电子产品可靠性与环境试验*, 1999, **3**: 42~44
- 3 Pan Yongqiang. Reliability evaluation of semiconductor devices [J]. *Electronic Quality*, 2002, **8**: 103~105
潘勇强. 半导体器件的可靠性评价 [J]. *电子质量*, 2002, **8**: 103~105
- 4 F. Jin, F. P. Chiang. ESPI and digital speckle correlation applied to inspection of crevice corrosion on aging aircraft [J]. *Res. Nondestr. Eval.*, 1998, **10**: 63~73
- 5 W.-C. Wang, C.-H. Day, C.-H. Hwang *et al.*. Nondestructive evaluation of composite materials by ESPI [J]. *Res. Nondestr. Eval.*, 1998, **10**: 1~15
- 6 K. S. Kim, J.-H. Kim, J.-K. Lee *et al.*. Measurement of thermal expansion coefficients by electronic speckle pattern interferometry at high temperature [J]. *J. Mat. Sci. Lett.*, 1997, **16**: 1753~1756
- 7 Joseph W. Goodman, Monte Ross. *Laser Application* [M]. USA, Academic Press, 1980. 41~50