

耐高温光刻胶光栅模板的制作 与转移技术及其应用

卿新林 戴福隆

(清华大学工程力学系, 北京 100084)

摘 要: 作为试件变形传感元件的云纹光栅的制作是云纹干涉法的关键技术。本文提出了在 120~200°C 高温下使用的光刻胶光栅模板的制作及在此温度下试件栅的复制工艺, 并利用此技术研究了新型微电子封装组件在 125~20°C 温度载荷下的热变形。实验结果表明: 采用该方法可以获得高质量的试件栅, 云纹条纹质量好, 可用于试件微小区域内热变形的精确测量。

关键词: 光刻胶光栅, 云纹干涉法, 微电子封装, 热变形。

High temperature resistant photoresist grating molding fabrication and replication technique and its application

Qing Xinlin Dai Fulong

(Department of Engineering Mechanics, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract Fabricating moire grating is one of the key techniques for Moire interferometry. Fabrication and replication technique of photoresist grating molding used in the condition of 120~200°C high temperature is presented in this paper. Thermal deformation of microelectronics packaging assemble under thermal loading of 125~20°C was studied by this technique. It is clearly seen that high quality fringes exist in the experiment due to fine specimen grating obtained by this method. It can be applied to measurement of thermal deformation in the small area of specimen.

Keywords: photoresist grating, moire interferometry, microelectronics packaging, thermal deformation

一、引 言

云纹干涉法是 20 世纪 80 年代发展起来的一种现代光测力学方法, 它以其高灵敏度、高分辨率、大量程、非接触、全场实时观测等显著优点受到实验力学工作者的广泛重视。由于云纹干涉法是以复制在试件表面的云纹光栅作为试件变形的传感元件, 因而高质量、高灵敏度和高精度而易于复制和转移的云纹光栅便成为了云纹干涉法推广应用的关键性元件。由于很多复合材料和微电子封装制造工艺温度或工作温度在 120°C 以上, 最高甚至超过 200°C, 为了用云纹干涉法测得该温度下的工艺应力和热变形, 必须在此温度下进行标准光栅的复制。国际上

目前的转移试件栅温度在 120°C 以下, 且通常是在极低膨胀率石英玻璃平板表面用硅橡胶作成标准光栅模板(ULE 硅橡胶栅模板), 制作工艺复杂, 因而它难以满足实际工程的需要。本文用热膨胀系数小于 $0.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 的石英玻璃作基底, 采用特殊的光刻胶涂布和老化处理技术, 利用旋转点光源制栅技术可直接制作出能耐 120~200°C 高温的光刻胶光栅模板, 并提出了相应的转移技术。文中还应用该技术研究新型微电子封装组件 DCA (direct chip attachment) 在 125~20°C 的温度载荷下的热变形。

二、高温光刻胶光栅模板的制作与转移

用于 120~200°C 高温下的光刻胶光栅模

板的制作工艺如下:

(1) 采用经 50% 稀释剂稀释后的正型光刻胶 (A Z1400-27), 并经 3000r/min 高速旋转涂布机将光刻胶涂布在热膨胀系数小于 $0.1 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 的极低膨胀率石英玻璃上 (ULF 玻璃), 使光刻胶的胶层厚度控制在 $0.3\mu\text{m}$ 以下。

(2) 将光刻胶模板放入旋转点光源激光干涉光路系统中制作高频全息光栅。

(3) 采用真空高压离子溅射的方法对光刻胶光栅表面进行净化和老化处理。

(4) 将光刻胶光栅置于恒温箱中, 从 $50\sim 150^{\circ}\text{C}$ 分阶段升温, 进行老化处理。

(5) 真空镀膜厚度控制在 50nm 左右。

图 1(a) 和图 1(b) 分别是利用上述方法得到的光刻胶光栅模板在 20°C 和 150°C 下同一虚栅频率时的零场条纹图。



图 1 在 20°C 和 150°C 下同一虚栅频率时的零场条纹图

(a) 在 20°C 下的条纹图; (b) 在 150°C 下的条纹图。

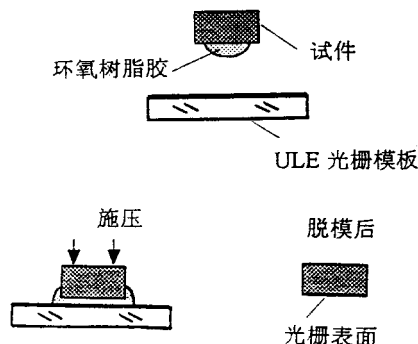


图 2 试件栅的转移技术工艺图

试件栅的转移在烘箱中进行。将试件和 ULE 光刻胶光栅模板放置在烘箱中, 加热至给定温度, 恒温 $2\sim 3\text{h}$, 使试件充分蠕变, 模板充分预热。将配好的高温胶取很小一滴滴在试件

表面, 将试件与 ULE 光栅模板压在一起, 如图 2 所示。

采用橡胶改性环氧树脂和叔胺类固化剂作为高温胶, 其配比为橡胶改性环氧树脂: 叔胺类固化剂 = $100:1\sim 3$, 固化剂的含量可根据固化温度的不同而适当调整。由于高温条件下环氧树脂胶的流动性极好, 气泡会自然跑掉, 因而一般不需要进行去气泡处理。待胶层完全固化后, 在烘箱中起模, ULE 光栅模板上的铝膜就转移到试件上形成试件栅, 随后, 试件降至室温, 便完成了试件栅的转移。在室温下, 将试件栅放进云纹干涉法光路中, 调整光路, 就可获得云纹条纹图。

三、应用实例

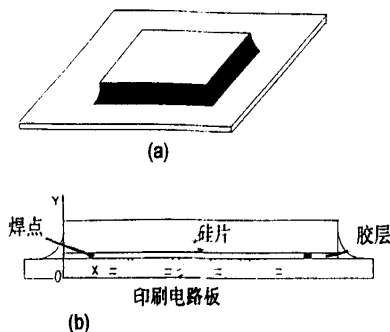


图 3 DCA 组件及其截面示意图

(a) DCA 组件; (b) DCA 组件中截面。

表面封装技术 (SMT) 以其成本低、集成度高、组件重量轻、易于自动化等优点, 广泛应用于微电子电路。同时封装技术的发展又诱发了其它许多技术问题, 其中最主要的问题之一就是封装组件的疲劳失效。在二级封装中由于热膨胀系数失配所引起的热变形是疲劳失效的主要原因。随着高密度封装中元件和结构的进一步微型化, 热梯度增加, 热应变集中更加严重。因此微电子封装结构的热变形研究已成为各大电子公司所关注的重要问题之一。

在此我们应用上述工艺获得的光刻胶光栅模板及相应的转移技术对新型微电子封装组件 DCA 的中截面在 $125\sim 20^{\circ}\text{C}$ 温度载荷下的热变形进行了研究。图 3(a) 和图 3(b) 分别是

DCA 组件及其截面的示意图。

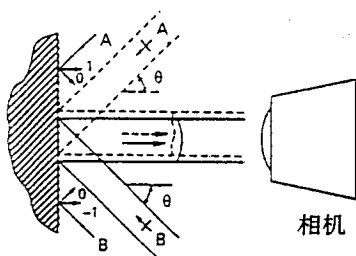


图4 双光束对称入射云纹干涉法测量原理图

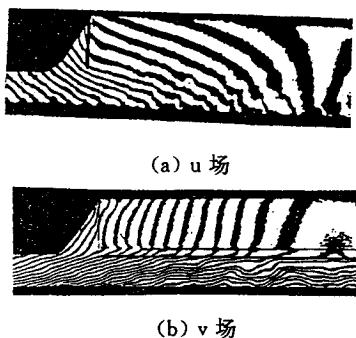


图5 DCA 组件中截面上的面内变形条纹图

在 125℃下将ULE 光刻胶光栅模板上的标准光栅转移到已加工好的DCA 试件的中截面上,待降至室温(20℃)后,将其放入如图4所示双光束对称入射的云纹干涉法光路中进行测量,即可获得 125~20℃温度载荷下DCA 组件中截面上的面内变形条纹图,如图5所示。

根据图5所示的云纹条纹图,可以获得DCA 组件中截面上全场应变分布。图6(a)是截面在中心处沿试件厚度方向的剪应变分布曲线,图6(b)是硅片顶部Y方向的位移分布曲线。这些实验结果为正确认识DCA 组件的热变形特征,评估热疲劳寿命提供了重要依据。

四、结束语

本文提出了在 120~200℃高温下使用的光刻胶光栅模板的制作技术及在此温度下试件栅的复制工艺,并利用该方法对新型微电子封装组件在 125~20℃温度载荷下的热变形进行了研究。清晰的云纹条纹图不仅使我们获得了DCA 组件中象胶层这样微小区域(0.1mm 量

级)内的变形分布,同时也表明采用该方法可以获得高质量试件栅,可非常有效地应用于此类问题的研究。

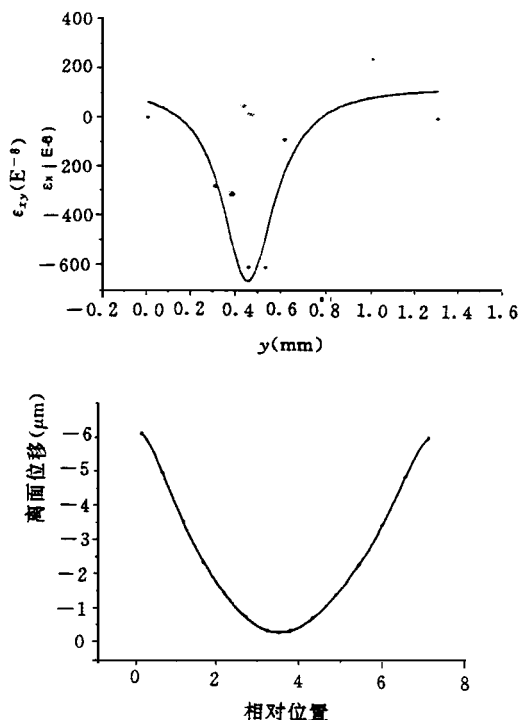


图6 剪应变分布曲线和位移分布曲线
(a) 沿试件厚度方向的剪应变分布曲线;
(b) 硅片顶部Y方向的位移分布曲线。

参考文献

- 1 D. Post, B. Han and P. Ifju High Sensitivity Moiré: Experimental Analysis for Mechanics and Materials Springer-Verlag, 1994
- 2 D. Post, J. Mckelvie, M. Tu and F. Dai Fabrication of Holographic Gratings Using a Moving Point Source Appl Opt, 1989, 28(15): 3494~3498
- 3 Xinlin Qing, Yuwen Qin and Fulong Dai Experimental Investigation of Micro-mechanical Behavior of Advanced Materials by Moiré Interferometry Opt Las Engg, 1996, 25: 179~189
- 4 B. Han, Y. Guo and C. K. Lin. Application of Interferometric Techniques to Verification of Numerical Model for Microelectronics Packaging Design The ASME International, Intersociety Electronic Packaging Conference, Lahaina, Hawaii, March, 1995