

采用非电子工业的 既成材料降低晶圆级封装成本

英国,白金汉郡,埃尔兹伯里, Tessera 公司: Giles Humpston

摘要

固体成像器正在日益向各种各样的产品中扩展。消费者需要以极低的价格拥有巨大容量的摄像模块,这迫使业界寻求利用完全不同材料的新型封装技术。

本文介绍一种新型的晶圆级芯片尺寸封装,该封装远远超过了手机和汽车可靠性标准。在这一技术中,图像传感器为了不受污染在工艺的开始阶段就使用了一个玻璃罩。硅正面的电触点与封装背面的球栅阵列相连接,使其适合于标准的表面贴装组装。最终的封装厚度大约为初始硅晶圆的一半。该封装的一个关键要素是在制造中采用了一种大批量生产的完全不同行业和用途的材料,因此与半导体应用中的任何材料相比都极为廉价。

关键词:

晶圆级芯片尺寸封装(WLC-SP);图像传感器;电泳材料

引言

每年都生产 1 亿部以上的图像传感器,它主要应用于便携式电子产品中,如照相手机、数码相机以及不断增长的膝上型计算机。随着多摄像头手机成为常规标准、汽车司机助手进入视频时代,每个车上必然会有 10 个或更多个摄像头,可以预言这一市场将会持续发展数年。

和大多数其它半导体器件一样,固体成像传感器需要封装,以保证其耐久性。传统地采用 COB (chip-on-board) 组装工艺来完成这项任务。在这一方案中,先将成像器粘接到基板上,然后在芯片的绑定焊盘和基板的焊盘之间引线键合形成互连。基板成为封装的基底。在芯片上放置一个镜头回转头,安装在摄像头的光学传动系上。镜头回转头密封在基板上,这样较低的光学表面与回转头的四壁相结合,形成了一个芯片封装。图例说明见图 1。

这一结构有两个主要缺点。第一是每一芯片都要封装,组装成本高。第二是成像器芯片一直不受保护,直到最后的组装操作——粘接镜头回转头。图像传感器不仅是复杂的而且是在高标准的半导体厂制造的精密光电器件。

这样,任何进一步的加工,即使是简单的去离子水清洗,都将会

引起严重的损坏。同样地,如果 $1\ \mu\text{m}$ 直径的灰尘粒子(比人的头发丝还细 100 倍)降落在传感器上,将在图像中产生一个可见的大黑斑。因此摄像头模块 90% 以上的缺陷与粒子污染相关毫不奇怪。短期的解决方案是投资一个净房并对操作人员进行培训。然而,许多

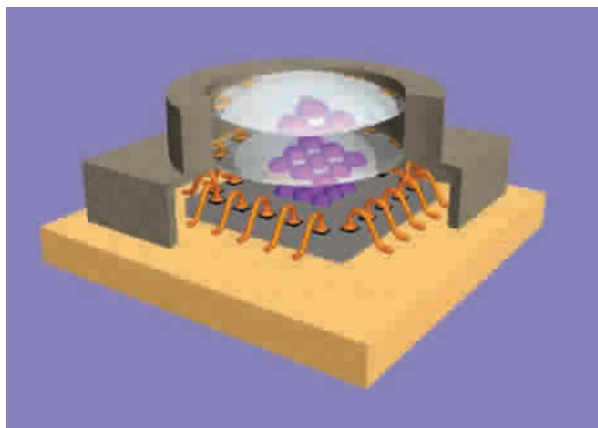


图 1 采用 COB 工艺组装的摄像头模块。镜头回转头安装方式密封覆盖了曝露的芯片。未按比例制图

固体摄像头模块制造者已经在 10 级或更好的环境中操作了,因此在可负担的成本下没有太大的进一步改进的余地。

晶圆级封装

晶圆级封装(WLP)是一种可供选择的方法,还是在晶圆形式的时候对芯片进行封装,然后把晶圆单数化形成分立的封装芯片。WLP 的优点是与晶圆上的好芯片共享封装成本,大大地减小了每个芯片的封装成本。在直径 200 mm 的成像传感器晶圆上一般有 750 个和 1 250 个芯片,这使得每个芯片的

封装时间和成本与分立的陶瓷封装相比下降一个数量级。当完成的封装在晶圆上直接划片时,芯片和封装尺寸是一样的。这一属性是半导体封装解决方案中独有的,因此晶圆级封装有时也叫做“芯片尺寸封装”。

成像传感器的晶圆级腔形封装可通过在每一芯片周围施加胶粘剂像框,粘接一玻璃晶圆,然后锯开组件形成分立的芯片来简单地实现,每一个精密成像传感器区域上都有一个罩。这一工艺的示意图见图 2。

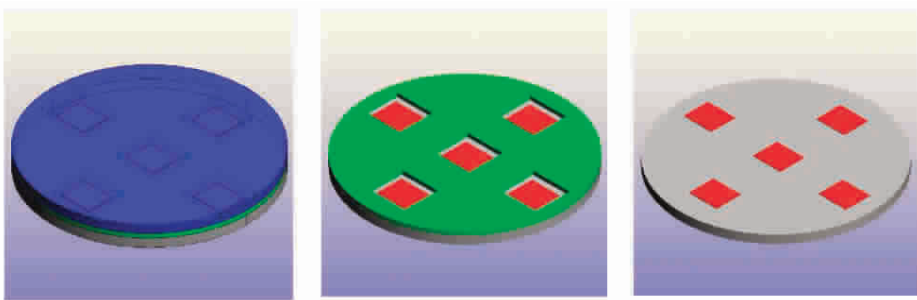


图 2 晶圆级腔形封装的形成

左—晶圆上含有 5 个芯片。中—施加密封材料在每一芯片的周边形成像框。右—粘接罩材料密封每一芯片腔。把封装好的芯片从晶圆上划片下来

晶圆级封装具有两大好处,应用于成像传感器有很大的价值。第一,芯片从组装工艺的第一步开始就受到保护,来自污染的成品率损失消灭了。第二,有可能提供带有球栅阵列(BGA)的界面。这使得摄像头模块可以与其它半导体和无源元件同时焊接到产品的主印制电路板上。由于这些优点,可以预计到 2011 年,将有 50% 以上的成像器为 BGA 界面的晶圆级封装。

晶圆级封装互连

成像传感器晶圆级封装的挑战是与绑定焊盘的连接,绑定焊盘在芯片的正面,在芯片保护光学活动区玻璃罩的下面不方便接触。一个明显的解决方案是 TSV (硅通孔)技术。TSV 有许多变量,常规的实现方法是用一根带竖直侧壁

的中空管,通过机械加工的方法穿过硅的厚度。在中空管的侧壁施加镀覆导电金属的绝缘膜。采用 Bosch 工艺通过深反应离子刻蚀机机械加工通孔。

尽管这一技术的可行性已存在许多年,但是在大批量制造中从未采用过 TSV。有几个原因,其中最重要的是需要高投资成本的设备,慢的硅刻蚀速率会降低生产能力,制造导电通孔附加工艺的复杂性,导电通孔要穿过绝缘的硅通孔。可靠性也有问题,还没有满意地解决。设计中的弱点包括高纵横

比管子侧壁的绝缘和导电涂层;在顶部和管子基体处 90° 的弯曲,在热周期期间重新组合层 (RDL) 必须穿过和保持连续性;清洗绑定焊盘的背面很困难,因此当它是长窄管的底部时,RDL 可以做一个欧姆接触。进一步的研究是由于 TSV 贯穿通过整个芯片的厚度。在绑定焊盘中放置任何半导体电路都是不可能的。降低了硅的利用率,增大了芯片尺寸,直接影响元件的尺寸。

现在的成像传感器的晶圆级封装以 SHELLCASE[®] MVP 解决方案为代表,如图 3 所示。在这一设计中,绑定焊盘和球栅阵列之间的连接是采用过孔穿过焊盘 (Via-through-pad) 技术。这一技术对绑定焊盘尺寸、间隙或定位会有一些限制,使其直接与现有的大多数

CMOS 成像器相兼容。划片通道可与硅设计规则允许的一样窄,这有助于每个晶圆上芯片数量的最大化,降低单位成本。封装后的成像器厚度大约为 500 μm ,使它尽可能地适合于当前流行的极薄的电子产品。

过孔穿过焊盘的互连表面上类似于 TSV,但是其差异是很重要的,它对产品的成本和可靠性有极大的影响。在这一连接中,RDL 贯穿绑定焊盘的厚度,形成一个周边的连接。这种结构与非常确实的边缘连接一样,因此有同样固有的可靠性。由于贯穿绑定焊盘,在周边会曝露出新鲜的金属,这一解决方案排除了在 RDL 和绑定焊盘之间制作欧姆接触的困难。

过孔穿过焊盘的互连要求通道通过硅晶圆。而且,不像 TSV,开孔是纯机械的,仅需要绑定焊盘曝露出足够的面积,保证形成过孔穿过焊盘的边缘连接。因此,对准精度和对间隙的限制会松一些,因为几个互连可共享一个开孔。由于通过硅的开孔不一定必须是独立的,

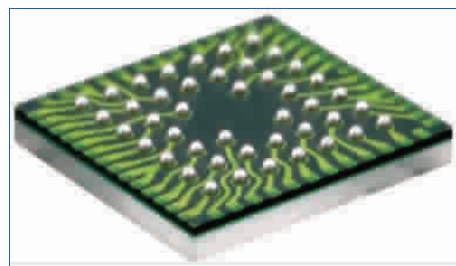


图 3 晶圆级封装的成像传感器,具有球栅阵列界面,简化了工艺并降低了组装到印制电路板的成本

开孔的轮廓可以松一些,为带圆角的不规则的四边形。这消除了 TSV 不可靠的来源之一。最后,由于过孔穿过焊盘互连是基于单层 RDL 聚合物技术的,与其它晶圆级封装解决方案相比非常成本效益。

电泳材料

晶圆级封装最主要的成本之一就是材料。传统的半导体材料对于最终价格低于 1 美元的视频图像阵列 (VGA) 摄像头来说太昂贵了。被认为是同样产品的解决方案在汽车工业早已是成吨位地在应用。电泳涂漆是用静电吸引的原理沉积材料。电泳涂料系统向浸渍到充有对生电荷涂漆粒子槽中的金属零件施加直流电 (图 4)。涂漆粒子被吸引并粘附到金属零件上,在整个表面形成一层均匀连续的薄膜,包括裂缝中和拐角上,直到涂层达到所希望的厚度。达到厚度时,薄膜将零件隔离,吸附停止,电泳涂料工艺完成。通过施加到电泳涂料槽的电压可以控制厚度,一般为 $5\ \mu\text{m}\sim 75\ \mu\text{m}$ 。电泳涂漆是为提高车体抗蚀性而开发的,与喷淋涂漆相比,它具有极好的色彩和光泽可控等附加优点。它不含有重金属,产生极小的或无空气污染,释放非常低水平的易挥发性有机化

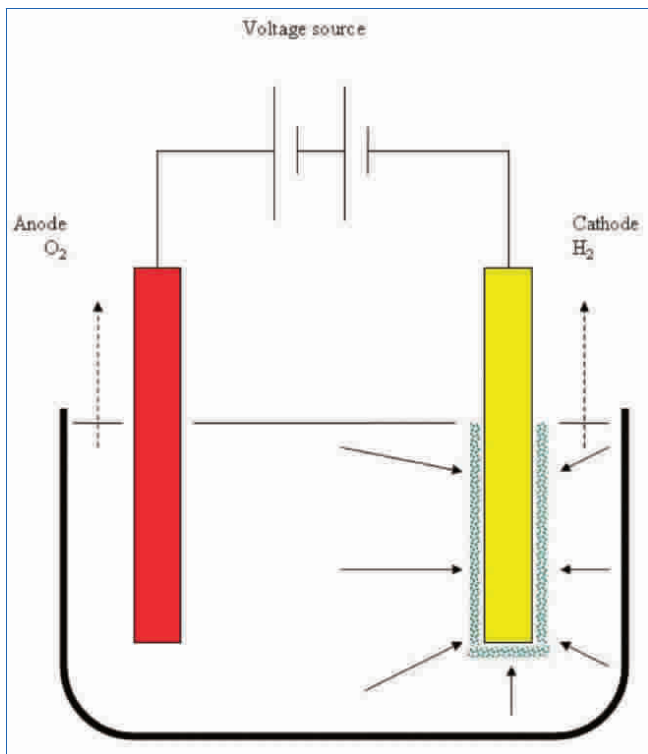


图 4 阴极电泳涂料系统的原理图。被涂覆的零件浸渍在槽中,在电路中形成阴极,吸附电泳涂漆。作为涂覆工艺的副产品,气体从阳极和阴极放出

学品。烘烤温度一般约为 $120\ ^\circ\text{C}$ 。最重要的是,它具有非常低的成本,有些等级的电泳涂漆可使钢零件的抗蚀性能超过两千小时的盐雾测试。

电泳涂漆的数据表明,它只能应用于金属,因为被涂覆的整个零件在电化学槽中必须是阴极或阳极。庆幸的是,电泳沉积是电势驱动而不是电流驱动,发现半导体级的硅拥有足够的导电性,可以直接进行涂覆,极大地简化了工艺流程。电泳涂漆的第二个属性是取决于电场的,沉积越过导体横向扩展,可使绝缘体的小间隙被桥接。电泳保护的导线径迹越过了金属径迹的宽度案例如图 5 所示。这为零件获得完整的覆盖提供了手段,包括封装的侧壁。

为这一应用所选择的材料为环氧树脂,基于树脂的系统含有质量分数为 23% 的固体。根据 1999/45/EC 指令,这一产品不是危险制品。应用采用阴极系统。在最后的设计中,单层电泳涂漆被涂覆,厚

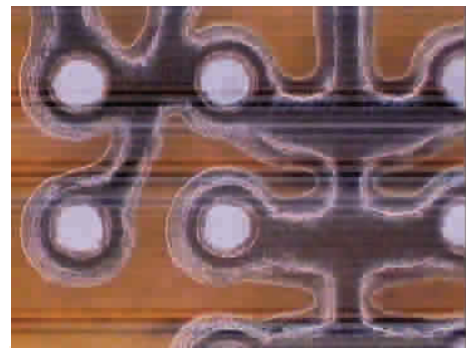


图 5 电泳涂漆应用于绝缘基板的导线径迹上。随着涂层厚度的增加,涂层横向增长,密封导线径迹的边缘,会联合起来完整地覆盖绝缘材料

度约 $15\ \mu\text{m}$ 。

可靠性

计划集成到产品中的元件必须符合其用途。为了满足这一标准,通常提供多批次的元件到其必须经受的各种环境状态中。对于传统的半导体部件,这些测试通过标准来确定,比较艰巨的就是汽车应用。主要的封装和板级测试及其伴随的环境参数总结见表 1 和表 2。

表 1 汽车应用成像器规定的可靠性标准

测试与标准	条件
预处理——潮湿保温水平一 (MSL1) JESD22-A113-D	125+5/-0 $^\circ\text{C}$, 24 h 85+/-20 $^\circ\text{C}$; 85+/-5% RH, 168 h 梯度 < 30 $^\circ\text{C}/\text{s}$ 100-150 $^\circ\text{C}$, 60-120 s 183 $^\circ\text{C}$, 60-150 s 265 +0/-5 $^\circ\text{C}$, 10-30 s 梯度 < 6 $^\circ\text{C}/\text{s}$ 从 25 $^\circ\text{C}$ 到峰值温度时间 < 8 min x3 周期
MSL1 后温度和湿度 JESD22-A101-B	85+5/-0 $^\circ\text{C}$ 85+/-2 $^\circ\text{C}$; 60 +/-3% RH 2 000 h
MSL1 后高温存贮 JESD22-A103-A	150 +/-5 $^\circ\text{C}$ 2 000 h
MSL1 后热周期 JESD22-A104-B	最小: -40+0/-10 $^\circ\text{C}$; 最大: 125+15/-0 $^\circ\text{C}$ 32 周期/天 2 000 周期

SRT

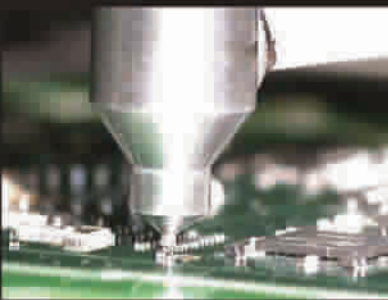
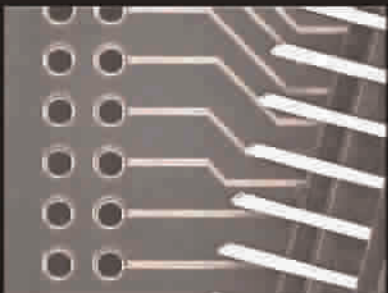
返修与X射线专家



VJ ELECTRONIX

A VJ Technologies Company

www.vjelectronix.com



VJ Electronix返修系统

因为性能至关重要！

VJ Electronix返修系统确立了行业返修标准。Summit系列返修站可以应对未来返修工艺的挑战。经济的400系列平台为SMT和通孔应用的广泛领域提供了返修解决方案。由于杰出的性能，经过验证的可靠性和稳定性，领先的EMS和OEM厂商们纷纷选择我们的设备。关注你的投资回报？请考虑VJE设备。

表 2 微电子元件的汽车板级技术规范环境测试

测试	条件	读数点
预处理	3x 无铅再流焊周期	完成
高温贮存	150 °C	1 000 h 通过/失败
低温贮存	-40 °C	1 000 h 通过/失败
湿热贮存	85 °C, 85%RH	168 h 通过/失败
压力锅	121 °C, 100% RH, 2 大气压	168 h 通过/失败
热冲击	-40 °C至 125 °C, 10 min 间歇, <7 s 传送	1 000 周期 通过/失败
热周期	-30 °C至 125 °C, 30 min 间歇, <1 min 传送	1 000 周期 通过/失败
自由落体跌落	30x1.5 m 所有面都跌落到水泥地上	完成
机械冲击	5x 6 轴	1 500 g, 2 000 g 和 2 500 g 通过/失败
变频振动	20~2 000 Hz, 8 gs, 15 min, 每一方向	完成

结论

固体成像器封装在晶圆级实现了完美封装,这一方法与表面贴装组装相兼容,提供了比 COB 组装更紧凑、更可靠和成本更低的解决方案。玻璃罩为成像器提供了保护。但这一部件遮掩了芯片上的绑定焊盘,迫使连接制作在芯片的边缘或穿过其厚度。由于硅通孔还没有实现商业化应用,开发了基于过孔穿过焊盘互连的替代方法。这是一个低成本的解决方案,因为它是

基于极廉价的为汽车工业开发的,并具有现成的设备。使其直接与现有的大多数 CMOS 成像器相兼容,对绑定焊盘尺寸、间隙或定位会有一些限制。封装后的成像器可满足或超过蜂窝电话和汽车应用元件和板级系统的可靠性标准要求。

参考文献

[1] A. Chowdhury, "Camera Module Assembly and Test Challenges", Semiconductor International, February,

2006.

[2] Prismark Partners LLC, November 2007.
 [3] F. Laermer and A. Schilp, "Method of Anisotropically Etching Silicon", US patent No. 5,501,893, 1996.
 [4] Tessera, Inc., "SHELLCASE? RT", December 2006.
http://www.tessera.com/technologies/products/wafer_level_csp/shellrt.htm
 [5] Powercron 645 manufactured by PPG (UK) Ltd.
 [6] G. Humpston, L. Mirkarimi, and M. Huynh, "Board Level Reliability of Solid State Camera Modules", Proceedings IMAPS 40th International Symposium on Microelectronics, San Jose, 13-14 November 2007.

致谢

本文作为论文在 2008 年 10 月 13 日~16 日在加利福尼亚州圣荷塞召开的晶圆级封装国际会议 (IWLPC) 上发表。IWLPC 由表面贴装技术协会 (SMTA) 和《芯片尺寸述评 (Chip scale Review)》杂志共同赞助。

《环球SMT与封装》视频新闻及展会现场报道，
 最生动的行业新闻窗口
 不容错过的精彩内容！

告诉世界...
 - 建设更快!
 - 比别人的产能更满!
 - 性价比更高!

最新改善产出质量!
 - 最新制程生产范围!

THE 18th PRESENTATION
NEPCON
 MICROELECTRONICS CHINA 2009
 第十九届中国国际电子生产设备暨微电子工业展

ICON科技公司

Think beyond

inter solar
 Dow Corning
 Solution

请访问 www.globalsmt.net.cn 观看中国区的展会现场视频
 或者登陆我们的国际网站 www.globalsmt.net, 了解全球行业动态!