

汽车电子封装趋势， 考量及生产的特殊性

Deborah Patterson, Marc Mangrum, Adrian Arcedera, John Sniegowski
(安靠封装测试, 美国)

摘要: 汽车电子是半导体行业成长较快的领域。安全、舒适、互联, 和个性化是未来十年成长的主要动力。可靠性和性价比优势使支架封装仍占主导, 而其它封装, 如 PBGA、堆叠式芯片尺寸封装 (SCSP), 和晶圆级封装 (WLP) 等, 也正得到启用。MLF[®] (QFN) 应用广泛, 具有很好的热电性能和设计灵活性。类似凹槽侧面可湿性焊点技术的创新, 让 MLF[®] 这种传统封装更具吸引力。更多传感器和 MEMS 用于汽车应用, 封装形式主要为 MLF[®], LGA 和“凹槽 MEMS”。资讯娱乐系统需要采用更多类型的封装形式。汽车电子封装生产所涉及的供应商管理、可靠性测试等因素必须与严格的汽车标准保持一致。

关键词: 汽车; 封装; 传感器; QFN; 资讯娱乐

Trends, Considerations, and Manufacturing Differentiation for Automotive Electronic Packaging

Deborah Patterson, Marc Mangrum, Adrian Arcedera, John Sniegowski
(Amkor Technology, Inc., Chandler, Arizona, USA)

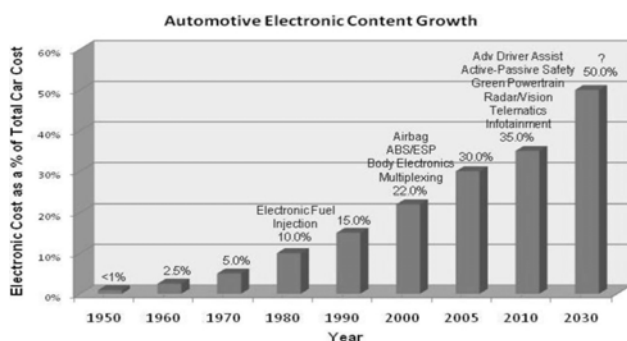
Abstract: Automotive electronics currently represent one of the higher semiconductor growth segments. Safety, comfort, connectedness and individual expression will drive growth in automotive electronics over the coming decade. Lead frame packages represent the largest segment of semiconductor packaging with a long track record of reliable and cost effective options. However, other package formats such as Plastic Ball Grid Array (PBGA), Stacked Chip Scale Packages (SCSP), and Wafer Level Packaging (WLP), are gaining acceptance. MicroLeadFrame[®] (MLF[®], also known as QFN) is one of the most commonly used lead frame packages in the world for its broad range of sizes, long history of excellent reliability, automotive inspection protocols, and design flexibility. Innovations to MLF[®] (QFN), such as the side wettable fillets and concavity technology, have enabled more applications for this conventional packaging format. Sensors and MEMS are gaining rapid acceptance in automotive systems with MLF[®], LGA and “cavity

MEMS” representing three of the most popular package types. Infotainment systems are enabling applications of even more packaging formats. No matter what package format is used, stringent manufacturing and reliability standards separate automotive components from other applications. Specialized material selection and process flows, supplier protocols, inspection criteria, and enhanced quality and reliability standards can represent new areas of adaptation. Automotive semiconductor packaging and assembly must be well understood and in alignment with the stringent standards of the Automotive industry.

Key words: Automotive; Packaging; Sensor; QFN; Infotainment

1 高速发展的汽车电子

从机械系统主导到电子系统主导，汽车领域正经历深刻变化。目前，汽车电子的复合年成长率为6.8% (2012~2017)^[1]，是半导体行业成长较快的领域。预计2013年汽车半导体器件的产值为259亿美元。据飞思卡尔公司声明，目前车辆电子系统成本已超总成本的三分之一。图1展示了汽车电子成本比例的逐年增长和飞思卡尔公司的目标市场^[2]。



Source: Freescale Semiconductor/IC Insights IC Market Drivers 2013

图1 电子元件(半导体和传感器)在汽车中的增长

对消费者来说,安全是最重要的考量。政府强制的安全要求保证了相应器件的不断开发和应用,以避免汽车碰撞和提高碰撞后的存活率。调查表明,舒适是消费者的第二重要考量,是决定购买的重要因素。安全性和舒适性是不可妥协的,而价格品牌等决定其它功能和性能的因素可以有一定的灵活性。互联性是下一代汽车用户的第三个需求,代表巨大的市场发展空间。互连性在很多国家正成为法令以保障安全。例如在欧洲,eCall法令要求所有车

辆与移动系统相连,并可在事故时接通救援服务。这个法令草案拟定2015年10月后出厂的车辆必须装有eCall系统。消费者对车辆个性化要求相比过去更为强烈。新一代开发视汽车为一平台,其某些功能处于不间断发展状态,与生活品味和个性化紧密相连(如音乐、联系人、地图、警示、内部环境等)。安全、舒适、互联和个性化将是未来十年驱动汽车电子成长的主要动力。

汽车中的半导体器件有四大类,如表1。这些电子系统经常交叉,并同时从属多个类别。而且,随着功能增加,汽车必须同时减轻重量,用于电子系统取代机械系统,以提供额外能力。

图2展示了多个由电子系统控制的列于表1中的功能。

表1 汽车电子分类

汽车功能	系统举例
性能, 燃油效率和环境一致性	发动机控制/传动控制模块, 启动-制动, 马达驱动, 等。混合动力或纯电动(HEV/EV)系统。内燃发动机仍旧占新车的87%,对燃油消耗和排放,法规要求持续控制和监督系统。其它系统包括, 减震和制动稳定性, 速度距离控制, 和先进的转向系统以保证安全。
被动和主动安全	安全气囊系统和卫星监测事故传感器, 抗锁制动系统, 电动转向系统(EPS)和电子稳定控制(ESC), 近物体监测和防撞系统, 抬头显示, 先进驾驶辅助系统(ADAS), 如停车辅助, 盲点监视, 先进巡航控制, 和胎压监测系统(TPMS)。
舒适, 美观和安全	远程无钥匙开启, 气候控制(HVAC), 电动车窗/座位(包括加热和降温), 仪表盘美化; 噪音消除; 车内灯饰和氛围成为新一代客户选车的重要差异性考虑。
资讯娱乐	音频视频, 如逻辑和数字收音机, HDDs, 电视和DVDs, USB接口; 智能手机和其它手持设备与仪表盘的连接支持功能传输(不间断通信, 定位, 和其它信息传输); 支持车内以太网, 虽然由于安全原因, 消费者无法接通; Wi-Fi将广泛使用并作为一个热点(hot-spot)联入移动互联网。

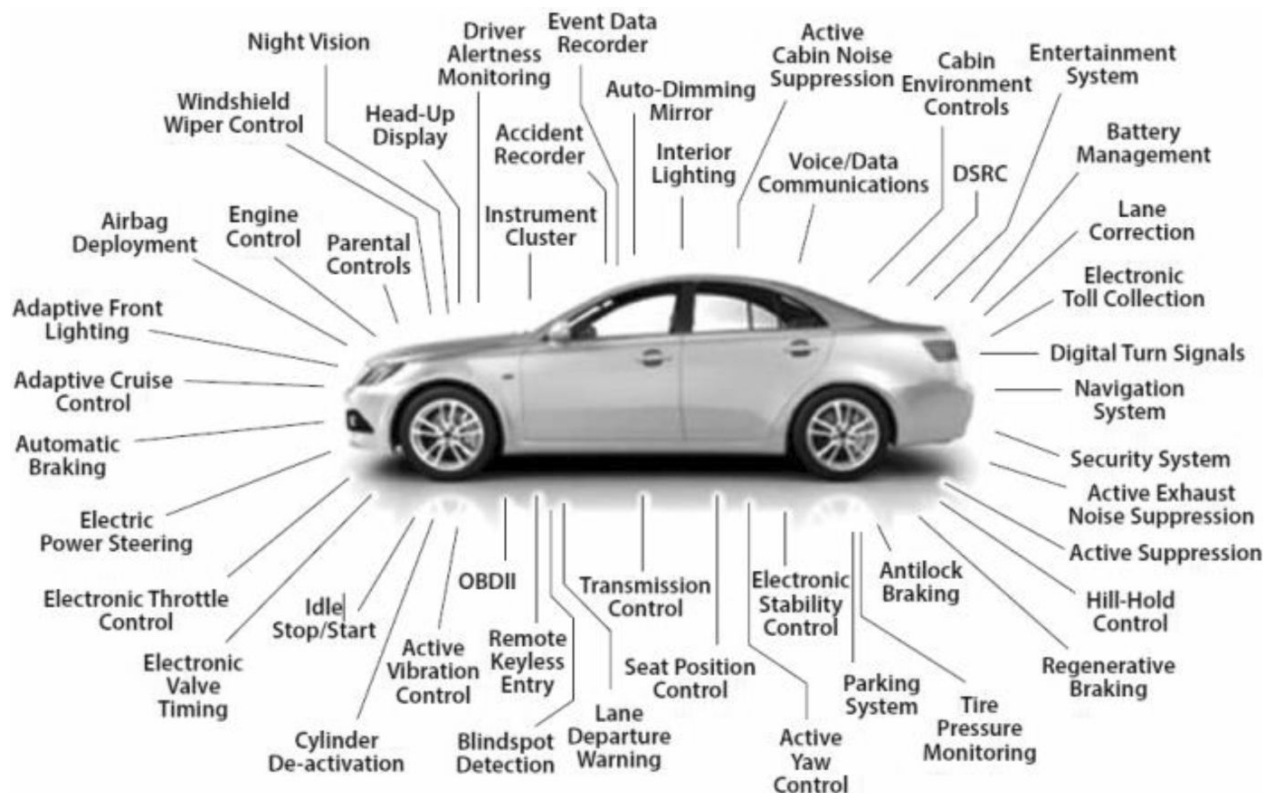


图 2 由半导体和 MEMS 控制的汽车电子系统

此外，大量的电子器件将被用于混合动力和电动汽车中。除了通用电子器件外，电动汽车还将使用电力发动机、变频器、直流转换器、控制元件、传感器，和高压电池等^[3]。

2 支架封装的主导地位

支架封装非常可靠，在汽车电子中占主导地位。因其较长的产品周期，一些十年前的支架封装产品至今还在继续生产和使用。

支架封装在汽车领域有着最广泛的应用。SOIC (Small Outline Integrated Circuit)、TSSOP (Thin Shrink Small Outline Package)、SSOP (Shrink Small Outline Package)，和 PDIP (Plastic Dual In-Line Package) 封装可以用于胎压监测 (TPMS)、底盘驱动和制动系统功能的实现。TQFPs (thin quad flat package) 和 MQFPs (Metric Quad Flat Pack) 用于封装发动机控制系统中的微控制器。

甚至 SOT/SCs (Small Outline Transistor)、LQFPs (Low-profile Quad Flat Package) 和 PLCCs (Plastic Leaded Chip Carrier) 封装形式也在汽车电子中使用。最主要的支架封装形式是微支架封装 (MLF[®])，也称 QFN (Quad Flat No-lead Package)。MLF[®] 的应用十分广泛。

这并不排除非支架类封装形式的使用。事实上，PBGAs (Plastic Ball Grid Array)、小间距 FBGAs (小于 1.0mm) 甚至堆叠式芯片尺寸封装 (SCSP) 都在使用。在某些特定应用中，如传输控制模块，小间距封装 (0.5mm) 正被逐渐接受。

微控制器在汽车中的应用成长迅速。虽然 MLF[®] (QFN) 是主要的封装形式，但在发动机控制系统中，PBGAs 和高传热性能的 TEPBGAs 也得到很好应用。细间距 BGA (FBGAs) 支持移动互联、语音，和 GPS 系统。晶圆级芯片尺寸封装 (WLP) 也正逐渐被广泛地应用于汽车系统中。

模拟芯片、微控制器和传感器数量最多。2012

年,模拟芯片占汽车电子市场的 41%,而微控制器占 39%。它们是汽车中最广泛使用的芯片。普通汽车大约有 25 到 100 个微控制器 (MCUs),而高端汽车微控制器的使用会超过 300 个。新型通信、娱乐和计算等应用使 MCU 个数急速增多。先进的停车系统,如自动停车、先进的巡航控制、避免碰撞和无人驾驶都需要微控制器 (MCUs)。同时,定位、稳定、气候和发动机性能监测等传感器使用也需要相应的微控制器^[4]。虽然也会用到 TQFPs 和 MRFPs,典型 16 位和 32 位微控制器需要较多引脚的封装形式,如 PBGA 或 QFP, 以支持发动机控制模块和正在兴起的智能汽车系统。其它微控制器 (MCU) 封装形式也正从 PBGA 转向 FBGA。

3 使用 MLF/QFN/DFN

Amkor 在 1999 年引入 MLF[®] (QFN) 封装,今天它已成为最广泛使用的支架封装之一。MLF[®] 封装尺寸小到 2x2mm (非常受欢迎),大到 13x13mm,可以支持单芯片和多芯片封装。多样性的 MLF[®] 封装用以满足各类特殊应用。已经量产的 0.35mm 厚度的 MLF[®] 正转向 0.28mm 厚的 MLF[®], 并同样使用标准制程。多达 180 个管脚数的双排 MLF[®] 已经

量产,而且没有多芯片堆叠的限制。线焊所用的金线直径约 0.6mils (1mil=25.4mm), 铜线直径约 0.7mils。图 3 是众多用于汽车系统中的 MLF[®] 封装产品^[5]。

使用 MLF[®] 取代 Dual-in-line 和 TSOP/QFPs 的趋势增长迅速。高热传导率的塑封材料应用和焊锡类芯片黏着材料的应用也加强了这一趋势。

MLF[®] 的平均失效寿命一直很好。汽车装配需要良好的封装引脚到 PCB 线路板的焊锡成形来提高可靠性。Amkor 的凹槽侧面可湿性焊点技术有利于形成这样的优质焊点,并易于自动监测,因为凹槽可以控制 MLF[®] 引脚的焊锡量。凹槽侧面可湿性焊点技术对切割式或冲孔式的 MLF[®] 都适用。图 4 展示了 MLF[®] 的带凹槽的引脚 (左侧) 和控制良好的焊点成形 (右侧)。

4 传感器的蓬勃发展

世界各地政府法令对汽车中传感器和 MEMS 的使用扮演着至关重要的角色。在 70 年代的美国,汽车入风系统的压力传感器,如歧管进气绝对压力传感器 (MAP) 和大气压力传感器 (BAP),提高了燃油使用效率。而在 80 和 90 年代,新的压力传感器

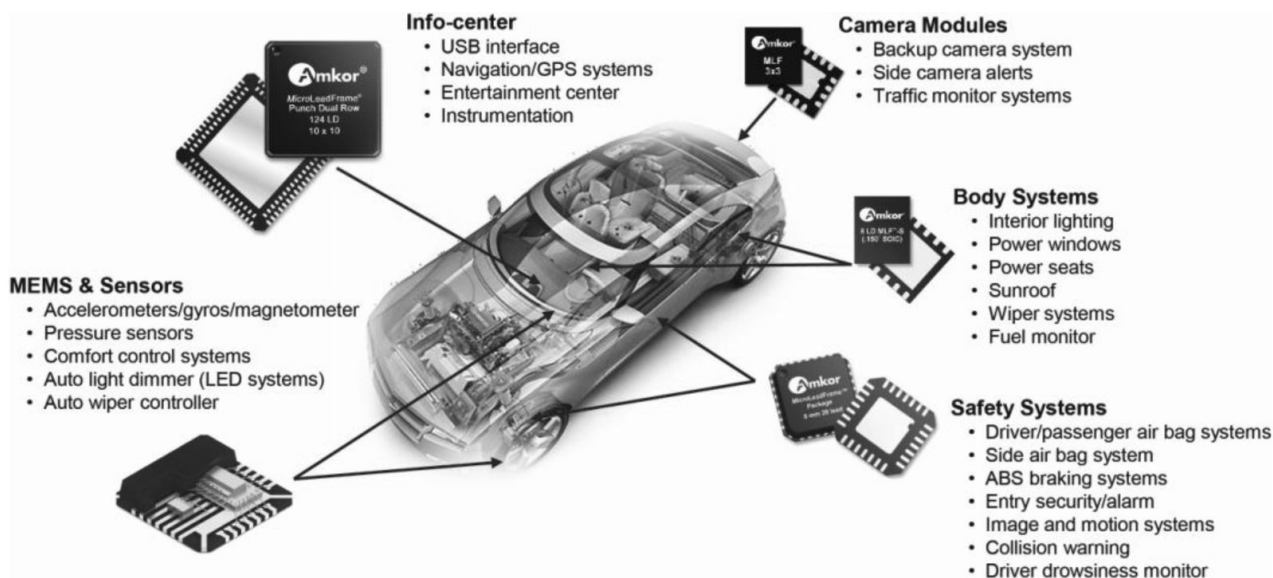


图 3 汽车电子系统中使用 MLF[®] 封装的 IC 和 MEMS (历史悠久,质量可靠,适于量产)

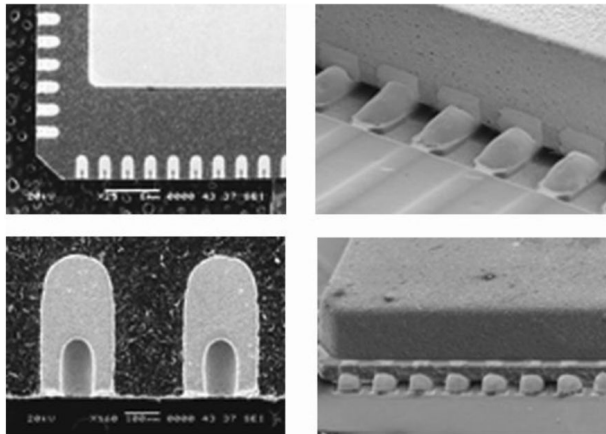


图 4 左图是凹槽侧面可湿性焊点技术的带凹槽的焊点;右图上方是切割式 1mm 间距 QFN,而下方是 0.5mm 间距的 QFN

和加速度计被用于感应事故并适时启动安全气囊。2000 年后的 TREAD 法令要求所有新的载人汽车和小型卡车安装轮胎压力监视系统以发现潜在的轮胎破损,而电子产品稳定控制法令(ESC)推动了加速度计和陀螺仪的开发和应用。今天,全球有关汽车的法令正促使更多传感器投入使用,以达到驾驶安全,排放减少,和燃油效率的提高。事实上,汽车中传感器的数量已经从 10 几个增加到 100 多个。

根据战略分析,从 2012 年到 2017 年,汽车传感器的复合年增长率将达到 6.8%,产值从 169 亿美元增加到 235 亿美元^[9]。传感器的增长率在世界各主要汽车生产地是不同的。到 2020 年之前,用于安全系统的传感器是增长的主要动力。由于各国政府对电子稳定控制和中国对安全气囊的强制要求,主要汽车供应商的成长率达到 15%和 20%之间。

传感器最初使用密封式封装,用于安全气囊和防锁制动系统。这种传感器将 MEMS 安装在凹槽式封装内,是传感器中的最大类别。虽然第一个安全气囊的 MEMS 传感器的封装在过去 20 多年间基本没变,汽车电子封装技术却经历了长足进步。今天, MEMS 的封装通常集成多个传感器。而这些传感器在应力管理、封装处理,及信号传输上通常有很大差异性。

在汽车辅助系统中,如抬头显示(HUD)、资讯娱乐和监测界面等,传感器使用正趋流行并逐渐标



图 5 车辆中的抬头显示系统

准化。图 5 是抬头显示技术的一个例子。利用夜视、导航和成像技术,将由紫外激光产生的图像投射到前车玻璃表面^[7]。另一个方法来自 TI 的 DLP 技术。因其较好的成像能力,DLP 正成为 HUD 新的趋势。MLF[®]、LGA 和“凹槽 MEMS”是三个最受欢迎的封装类别。光学传感器趋于使用 inframe MLF[®] 和 LGA 的封装形式。流体传感器要求在封装体用凹槽或金属盖通孔将外界流体与内部传感器相连。

传感器封装的关键在于使用现有的封装技术平台,以尽快进入大规模生产(每月几千万产量),控制成本,缩短入市时间,并应用现成的可靠性和质量保障系统。虽然传感器芯片仍然高度专有化,但专用传感器封装正逐渐被标准芯片封装形式取代。

因可靠性和适于快速量产, MEMS 被广泛应用于汽车各部。表 2 是一些用于汽车的传感器举例。

表 2 传感器及相应系统

压力传感器	加速度计
歧管进气绝对压力传感器 (MAP)	独立安全气囊前端传感器
大气压力传感器 (BAP)	安全气囊外围传感器
增压器传感器	电子稳定控制 (ESC)加速传感器
燃油分配管	侧翻
气缸气压	胎压监测 (TPMS)
启动和制动真空传感器	集成GPS
油压	主动减速
排气再循环 (EGR)	安全
特殊过滤器	震动
油料传输	电子停车闸
燃油气化	陀螺仪
煞车与电子稳定系统 (ESP)	GPS导航
减震	电子稳定控制 (ESC)陀螺仪
转向	惯性集成 (加速度+陀螺仪)
侧面安全气囊	ESC, 侧翻, 安全气囊, 等集成
空气调节(HVAC) 风扇	用于抬头显示的光学MEMS
空气调节 (HVAC) 液压	磁力计
座位 (重量)	麦克风

5 资讯娱乐对汽车的改变

资讯娱乐和车辆互联概念将推动更多较新封装的使用,尽管这些封装可能需要改进,如材料和结构的改进,以通过更加严格的汽车行业验证。如没有适当的改进,目前很多用于移动电话和平板电脑的封装形式是不能被接受的。

今天,OnStar 可以打开车门,远程启动车辆,提供监控数据,处理诊断材料,并通过智能手机进行通讯。声音启动系统和提供车内减噪功能的 MEMS 麦克风将被用于高端汽车中。抬头显示系统使驾驶员在处理信息时,目光无需离开前方道路,从而提高驾驶安全。此外,信息互联车辆和无人驾驶车辆也展示了未来的应用可能。双排和多排封装形式(如 MLF[®], LGA, 和凹槽类封装等)将用于此类应用,而最受欢迎的资讯娱乐芯片的封装形式正转向 FCBGAs。

6 汽车电子生产的特殊性

汽车工业设定元件的寿命是几十年,而不是几年,并要求保证极端环境中的使用。环境和可靠性标准通常使开发周期长达四年,这包括大量可靠性试验和现场试验。在组装领域,汽车业要求拥有最佳执行和零缺陷容忍。要达到这个目标,很多因素需要考虑。一些系统,如稳定控制、安全气囊和抗锁定制动,通常需要特殊的生产流程、材料和检测方法来保障性能和长期可靠性。

6.1 客户标准

封测服务(OSAT)公司的客户根据其汽车设计要求,最终决定封装生产和测试流程。现有的六级汽车规格,对性能要求有不同标准。因此,让汽车客户了解封测行业十分重要,有利于选择和设计最佳性能价格比的封装形式。

6.2 材料选择

为了满足汽车可靠性要求,在元件设计早期就要考虑材料选择,并考虑应用环境。例如,优化塑封材料(EMC)和芯片黏结(DA)材料以应对高温和高应力环境需求。在很多情况下,为了满足环境条件,必须使用高热导率 EMC 材料。

此外,必须考虑材料可能会暴露在恶劣的化学环境(油污,汽油,和水态化学物)中,或室外环境(雨,冰)中。还有,在发动机运行,或牵引控制过程中,或在减震和操纵系统,刹车盘和刹车轮中所引起的强烈震动和冲击,可能要求使用特殊材料,如,恰当的焊线尺寸和类型、焊线涂层、胶状涂层、支架或特殊多层基板设计,等。

6.3 供应链管理

让封测公司了解产品在汽车中的使用环境是重要的。汽车行业有自己的供应链评估和审核流程。其中一套流程审核规则来自德国汽车工业界(VDA 6.3)。另一套规则,ISO/TS16949,主要用于建立质量管理体系和强化缺陷减少,并减少供应链中的变数和浪费。虽然借鉴了国际汽车工作组(IATF)的成果,多数大型亚洲汽车公司有自己的质量管理需求。所以,封测公司(OSAT)需要了解这些需求,并成为支持这些标准的合作伙伴。封测公司要与自身供应链厂商沟通,提高供应商质量,制定书面规则,实施最好方法(BKM)管理,并在后续的资质证明或特殊测试等要求上与供应商保持一致。

受禁矿物质或金属是全球汽车供应链的重要方面。每个供应商必须建立相应流程来保证所使用的材料符合政府、企业和客户政策的要求。

6.4 生产流程

安全、动力传动和底盘系统的可靠性要求最高,可能需要采用特殊的材料、设备和生产流程。

汽车生产可能包括额外的清洁步骤或流程控制监测。可能需要改进基本装配流程,如使用安全焊线

以尽量减少各式焊线脱落。另一个流程改进的例子是对封装支架表面粗糙化,以加强塑封材料(EMC)和支架的黏合性。此外,芯片黏合材料可能需要100%的覆盖率以保证芯片和基板的黏合。

6.5 监测标准

汽车应用中通常需要特殊的检测流程和采样方式。这在典型的流程之外又增加了额外步骤。类似的,能够检查PCB板上的封装器件也是汽车组装的重要要求。虽然较薄的PCB板可以使用x光检查,但当PCB的双面都密集布满元件时,检查将变得困难。前述的凹槽侧面可湿性焊点技术(图4)可以形成优质焊点,并有利于焊点检查。侧面可湿性焊点已成为一个汽车标准。

6.6 质量计划

先进产品质量计划(APQP)是在1980年代由美国三大汽车厂商(福特、通用、克莱斯勒)联合制定的。这是汽车行业中类似“6 sigma设计”的规则。对汽车相关产线实施APQP管理,维系了汽车控制计划中的统一性,并能够对汽车中的所有元件实施最高生产标准。

6.7 可靠性测试

合格标准由汽车电子委员会制定。AEC-Q100列出了关键的芯片和封装应力测试方法。在芯片、封装和板级测试中,电子元件必须足够坚实以通过这些环境测试。

6.8 电测试和批次筛查

汽车组装后的测试是终极筛查测试,用以保证元件性能和整机运行合格。消费品和汽车测试的根本差别在于对统计数据和潜在危险的处理。例如,很多消费类电子产品允许再次测试,并允许产品通过测试。相反,采用更先进的统计学筛查方法的汽车标准可能会拒绝整个生产批次。汽车行业的目标是零缺陷率,如果不能很好解释某批次低合格率的

原因,那么整个批次就是不正常生产,存在潜在危险,需要剔除。

6.9 专用产线和人员培训

客户有时要求专用产线和设备的配置。这包括特殊培训人员、防错系统、或全自动流程系统。有时也需要对半成品(WIP)进行特殊标识。

6.10 变换控制

汽车标准极为严格,其变换周期管理通常以数年计算,而不是常见的用于普通商品的以季度计算。如果因安全和可靠性原因启动变换,在保证通过所有相关严格测试的情况下,变换周期可以加快。变换控制通常要与客户的变换审核委员会协调,以评估技术危险和可能的后续问题。预警管理机制可以不断提高生产水平。

7 总结

我们正见证汽车电子业激动人心的变革与发展,更多电子系统将用于汽车设计的各个方面,并带给我们难以置信的驾驶体验。同时,多种封装平台在如此多样化的汽车环境中的加速发展,也为我们提供了众多创新机遇。汽车电子封装生产有其特殊性,在材料选择、供应链控制、生产流程和质量控制等方面必须严格遵循汽车标准。

感谢

衷心感谢电子封装测试委员会允许我们以中文形式再次发表本文。本文原载于MEPTEC 2013秋季版。CC

参考文献

- [1] Semiconductor Forecast Database, Worldwide, 2Q13 Update, June 2013, Gartner.
- [2] R. Lineback, B. McClean, B. Matas, T. Yancey,

“Integrated Circuit Market Drivers 2013,” IC Insights, Inc.

[3] Randy Frank, “Hybrid Vehicles Propel Increased Electronics Content,” Electronic Design, Oct. 2004.

[4] R. Lineback, B. McClean, B. Matas, T. Yancey, “Integrated Circuit Market Drivers 2013,” IC Insights, Inc.

[5] Marc Mangrum, “Developments in QFN for Industrial, Power and Automotive Applications,” 2013 Customer Symposium, Amkor Technology.

[6] Mark Fitzgerald, “Global Automotive Sensor Demand to Exceed \$ 25 Billion by 2020,” Strategy Analytics, May 7, 2013.

[7] Dashboardnews.com, “Technology continues to evolve in the auto industry,” Dashboard News, March 6,

2012.

作者简介

Deborah S. Patterson, 产品和技术市场部高级总监, 就职于安靠技术公司, 公司位于美国亚利桑那。Deborah.Patterson@amkor.com.

Marc Mangrum, MLF/QFN 产品线总监, 就职于安靠技术公司, 公司位于美国亚利桑那。Marc.Mangrum@amkor.com.

Adrian Arcedera, MEMS 产品线高级总监, 就职于安靠技术公司, 公司位于美国亚利桑那。Adrian.Arcedera@amkor.com.

John Sniegowski, 质量管理高级总监, 就职于安靠技术公司, 公司位于美国亚利桑那。John.Sniegowski@amkor.com.

上接第 58 页

1999 Sponsored by IEEE [C].Electronic Industries Alliance IEEE, 1999. 714-720

[4] Timmermans B, Reniers F et al. Chemical effects in the Auger spectrum of copper - oxygen compounds [J]. Applied Surface Science, 1999, 144-145: 54-58

[5] 沈宏, 李明, 毛大立. IC 铜合金引线框架材料的氧化失效及其机理[J]. 稀有金属材料与工程, 2006, 35 (S2): 109-112

[6] Takano E, Mino T, Takahashi K, et al. The Oxidation Control of Copper Leadframe Package for Prevention of Popcorn Cracking [C]. Electronic Components and Technology Conference, 1997. 78-83

[7] N. Cabrera, N. F. Mott. Theory of the oxidation of met-

als [J]. Rep. Prog. Phys., 1949, 12: 163

[8] K. Haufler, H. J. Danzmann, H. Pusch, et al. New Experiments on the Sensitization of Zinc Oxide by Means of the Electrochemical Cell Technique [J]. J. Electrochem. Soc., 1970, 117(8): 993-999

[9] B. Ilshner, Processing - Microstructure-Property Relationships In Graded Materials, [J]. Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 1996, 44(5): 647-656

[10] 陈鸿海. 金属腐蚀学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996. 11

[11] 艾万思, 华保定. 金属的腐蚀与氧化[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992. 5

恩智浦启动全新的 NFC Windows 应用大赛

恩智浦半导体近日宣布在微软公司和联想的支持下启动他们全新的 NFC Windows 应用大赛。该竞赛特别专注于为运行 Windows 8 或 Windows 8.1 的 PC 和平板电脑开发近距离无线通信 (NFC) 应用, 鼓励学生和专业人士打破思维定势并提交他们的想法以争取获胜机会。(来自恩智浦半导体)