

## ExposedPad TQFP 的 AEC-Q006 0 级认证

为满足车载半导体器件所需的一系列优化。

Yoshio Matsuda, 焊线工艺及功率封装开发高级经理, Amkor Technology, Inc.

当半导体器件被越来越多的应用于汽车工业中时，其对封装的可靠性要求是非常高的。随着乘用车市场中的创新技术不断增加，适用于自动驾驶、人机接口、电动汽车（EV）、混合动力汽车（HEV）等应用中的高可靠封装的需求也随之水涨船高。由于车用电子产品必须通过各种安全测试，于是如何提升封装可靠性成为了工程师们不得不考虑的问题。

### AEC-Q006 0 级测试挑战——ExposedPad TQFP

半导体封装工艺中涉及多种材料，因每种材料都有其不同的属性，比如不同的热膨胀系数（CTE）等。在使用中这些不同的材料间所产生应力的大小和具体位置会因不同的半导体封装结构而有所不同。于是业界就要求车载半导体器件通过更为严苛的测试。例如汽车电子委员会（AEC）所要求的 AEC-Q006 0 级（G0）认证。通过这一项测试对于封装工程师来说是一项艰难的挑战。虽然目前传统的非外露式薄型四方扁平封装（TQFP）已经取得 AEC-Q006 G0 认证，但由于露底座（ExposedPad）TQFP 自身的结构特点，使得其封装结构会聚集更高的内部应力。所以为了通过 AEC-Q006 G0 认证工程师们还需要进一步优化设计和材料。

ExposedPad TQFP 是指晶片底座外露的 TQFP 封装形式（见图 1 和图 2）。与传统非外露式 TQFP 相比，它具有更出色的热特性，因此其非常适合一些对散热有更高要求的场所。从而被广泛地应用于微处理器、ASIC、系统级芯片（SoC）等类型的产品。



图 1. 14 x 14 mm ExposedPad TQFP 的封装外形。

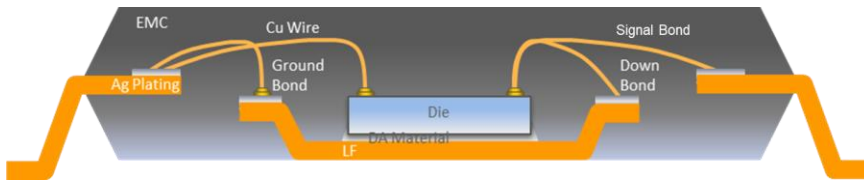
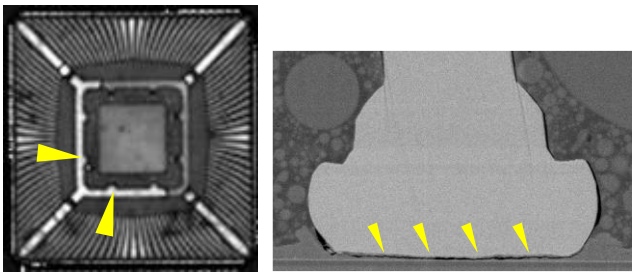


图 2: ExposedPad TQFP 横截面。

ExposedPad TQFP 通常采用的封装材料包括——部分镀银的铜合金框架、导热银浆、铜线和封装用环氧树脂模。而晶片材料通常是硅 (Si)。

为了满足更为严格的车载半导体可靠性要求，各种材料间需要有足够的结合力才能确保即使在非常严苛的测试工况下，封装体依旧可以提供各部分有效的互联。

通常，我们都可以在失效的器件中发现分层。而这样的分层情况又大都发生在塑封料与其他材料之间或者搭线焊盘与铜线铜球之间。（见图 3）。



LF 和 EMC 分层

球键合处开路

图 3. 失效模式示例

## 汽车电子委员会的主要标准

AEC 标准是基于失效机制的封装集成电路应力测试认证条件。AEC-Q100 为汽车半导体封装提供认证标准。此外，AEC-Q006 是对采用铜焊线技术的半导体封装所制定的额外标准。为满足 AEC-Q006 G0 要求，需要进行会执行三项主要的内部认证测试（见图 4）。

|                      |                           |        |        |
|----------------------|---------------------------|--------|--------|
| 可靠性测试<br>AEC-Q006 G0 | MSL3 + HAST<br>110° C/85% | 528 h  | O/S 测试 |
|                      |                           |        | C-SAM  |
|                      | HTS 175° C                | 2000 h | O/S 测试 |
|                      |                           |        | C-SAM  |

|  |                             |          |        |
|--|-----------------------------|----------|--------|
|  | MSL3 + TCT<br>-55° C/150° C | 3000 次循环 | O/S 测试 |
|  |                             |          | C-SAM  |

\*在每项可靠性测试完成以后，还要在开封后根据标准执行横截面分析以及拉伸和剪切测试。

图 4. AEC-Q006 G0 的三项主要标准包括湿度敏感级别 3 (MSL3)、高加速应力测试 (HAST)、高温存储 (HTS) 和温度循环测试 (TCT)。

### 通过高可靠性测试须注意的几个要点

在满足 AEC-Q006 测试要求需要特别注意的几个要点：

- ▶ 选择适合的铜线和 EMC 材料
- ▶ 引线框架表面处理，优化其与 EMC 的粘合
- ▶ 框架晶片贴片区（镀银区域）的设计
- ▶ 优化球键合形状

工程师们通过总结以往的经验以及一系列新的 DOE 分析之后，优化的设计方案和材料使得 ExposedPad TQFP (14mm x 14mm) 最终通过了 AEC-Q006 G0 的认证标准，所有样品都通过了最后的测试，无一失效。（见图 5）

| LEG                  |                             |           |            | LEG 1                      |     |
|----------------------|-----------------------------|-----------|------------|----------------------------|-----|
| 设计                   | 汽车封装                        |           |            | 14 x 14 mm ExposedPad TQFP |     |
|                      | 晶片尺寸                        |           |            | 4 x 4 mm                   |     |
|                      | WB 设计焊盘节距                   |           |            | 50 μm PP                   |     |
|                      | 引脚框架                        | 引线框架表面处理  |            | 铜粗糙度                       |     |
|                      |                             | 晶片焊盘      |            | 使用环向下键合                    |     |
|                      | 晶片粘合材料                      |           |            | 银焊膏                        |     |
|                      | 键合                          | 焊线材料/焊线直径 |            | 铜合金/0.7 mills              |     |
|                      |                             | 球键合形状     |            | 优化                         |     |
| 模塑                   |                             |           | 环氧树脂 (MAR) |                            |     |
| 可靠性测试<br>AEC-Q006 G0 | MSL3 + HAST<br>110° C/85%   |           | 528 h      | O/S 测试                     | 无失效 |
|                      |                             |           |            | C-SAM                      | 无失效 |
|                      | HTS 175° C                  |           | 2000 h     | O/S 测试                     | 无失效 |
|                      |                             |           |            | C-SAM                      | 无失效 |
|                      | MSL3 + TCT<br>-55° C/150° C |           | 3000 次循环   | O/S 测试                     | 无失效 |
|                      |                             |           |            | C-SAM                      | 无失效 |

图 5. ExposedPad TQFP 的 AEC-Q006 G0 可靠性测试认证结果。

## 结论

通过优化的封装设计和材料组合，安靠的 14 x 14 mm ExposedPad TQFP 最终通过极其严格的 AEC-Q006 G0 测试。测试结果表明 ExposedPad TQFP 封装通过一系列的优化设计是完全可以满足汽车制造商的严苛标准的。现在安靠的下一个目标是通过一系列的优化设计使得更大尺寸的 ExposedPad TQFP 可以通过认证。

---

松田先生（Yoshio Matsuda）现任职焊线工艺及功率封装开发高级经理。于 2018 年加入安靠公司，目前负责汽车电子封装的开发工作。在加入研发团队前，他曾安靠日本任封装设计部经理一职两年。松田先生在引线框架/层压封装方面拥有超过二十五年封装设计和开发经验。

---