

无铅电子产品的长期可靠性(图)

采用无铅产品会使产品的返修率上升吗

通用汽车的一位高级可靠性专家最近表示：“你知道无铅带来的问题吗？没有人能够回答这样一个简单的问题：如果我所制造的无铅产品的质量与用锡铅的产品一样，它们工作的时间能一样长吗？”

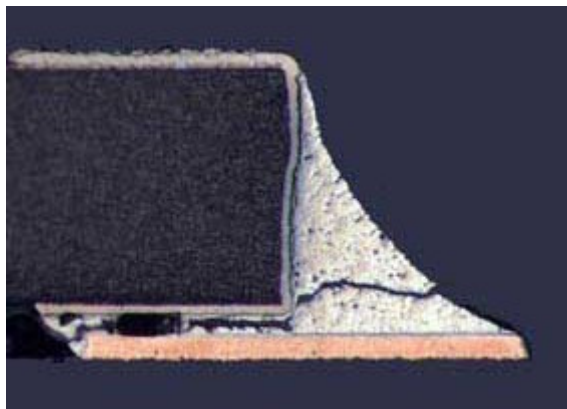
问题很简单，答案也并不复杂。经过多年的研究和试验，研究人员已经把影响无铅产品长期可靠性的因素归结到以下 5 个方面。

- 锡须
- Kirkendall 空洞
- 无铅焊料的机械震动
- 无铅焊料的热循环
- 导电阳极丝(CAF)

锡须

锡须是从元器件和接头的锡镀层上生长出来的，如果这些导电的锡须长得太长的话，可能连到其他线路上，并导致电气短路。通过在器件引脚上使用 90Sn10Pb 镀层已经有效地消除了锡须问题，但现在这个问题又冒了出来。

有些公司用镀纯锡的器件生产了大量的无铅产品，已经发现使用过程中的锡须问题，并且在不到 2 年的时间内就会出现故障。虽然还不清楚实际的故障率，但证据显示锡须故障并未使总体的产品返修率增加。由于在细引脚器件上镀锡是最近三四年才有的事情，锡须对长期可靠性的影响还有待观察。



如果你不是在设计可能会造成人身伤害的产品，元器件和连接器就要首先考虑是不是具有下面这些特点。

- ñ引脚间距小于 1mm(有些公司采用的间距小于 0.3mm)
- ñ可采用金属外壳(例如通孔晶振或振荡器)
- ñ受积压的连接点(例如接头弯曲的电路)
- ñ有焊缝(例如电解电容)

一旦确定了关键器件,你应该要求器件生产商提供基于 iNEMI 建议或 JEDEC 标准 JESD22A121 的认证测试。业界对故障的定义几乎还是空白,所以你也许需要提出自己的标准。标准既可以是绝对数值,例如最大的晶须长度不能超过 25、50 或 $75\mu\text{m}$,也可以是相对数值(如最小间距的 $1/3$ 或 $1/2$)。

Kirkendall 空洞

在两种不相近的材料之间,由于扩散速率的不同所产生的空洞就称为 Kirkendall 空洞,这种空洞产生机制在 SnPb 和无铅焊料中均存在。在最近的实验中,SnPb 焊料中会产生很严重的空洞。但在过去 30 年的表面安装技术使用过程中,还没有因为 Kirkendall 空洞导致产品故障的报告。

在无铅焊料中, Kirkendall 空洞是由一些未知因素造成的,似乎会使问题更加严重,尤其是在长期的高温条件下。

机械震动

即使你没有碰到过 Kirkendall 空洞,对因机械震动或跌落造成的产品性能下降还是要有所准备。有研究表明,在被施加震动、跌落或电路板被弯曲时, SAC(SnAgCu)焊料合金的失效负载还不到 SnPb 合金的一半。这种性能损失似乎是几个因素的共同作用,包括脆弱的金属间化合物,因更高的回流焊接温度而导致的电路板降级,由于 SAC 比 SnPb 更硬而传递了更大的应力。

这到底是一个长期可靠性问题,还是从一开始就是一个质量问题呢?便携式电子产品制造商的无铅化已经实施了数年,还没有因为跌落导致返修率增加的报告。有些公司把注意力集中到如何更好地控制制造环境,特别是减小最大的允许张力,从 1000 微肋变减少到 750 或 500 微肋变。

热循环

在某些特定的情况下, SnPb 材料的热性能比无铅的要好,应该考虑下面的一些情况。

- ñ对焊点疲劳高度敏感的元件(如大型片上电阻、陶瓷封装的 BGA、无引脚陶瓷基片、未填充的芯片级封装)。

- ñ最大的节点温度超过 80°C，驻留时间超过 4 小时(驻留时间随温度上升而下降)。
- ñ每天至少进行一次热循环，预期使用寿命至少为 10 年(使用寿命随循环频率的增加而减小)。

如果你处在上面提到的这些情况下，就需要进行基于现有的无铅焊料节点可靠性模型的加速寿命实验来确定风险。公开的模型更可靠一些，Amkor 和德国的 **Fraunhofer Institute** 为此做出了很多工作。

CAF 的形成

导电阳极丝(CAF)是由铜丝沿着玻璃纤维或树脂接口迁移形成的，会在相邻的导体间产生内部的电气短路，这对高密度电路板的设计来说是一个严重的问题，更高的回流焊温度会导致该问题更易发生。有些大型 PCB 板生产商在使用无铅回流焊时，就无法满足用户的 CAF 要求。

有些材料和加工工艺即使经过多次回流焊，也可以使电路板避免 CAF 问题。不管怎样，所有这些办法都会增加成本，因为会用到专利的或私有的技术。这样一来，除非客户特别要求，许多 PCB 板生产商就不会采用可防 CAF 的材料。

Interface Science(Goleta, CA)通过引入硅烷开发了一种很有前途的减缓技术，可使密度和玻璃纤维的硅烷外壳一致性达到最大。更好的一致性可以使玻璃纤维和树脂结合得更加紧密，减少了 CAF 发生的可能性。