

无铅焊接过程中常见的问题及对策

▲ 普赛特科技(深圳)有限公司 包德为

摘要：1 RoSH 无铅焊料的定义；2 获得豁免的一些 RoHS 有害物质；3 关于对无铅焊料合金专利的一些看法；4 无铅焊接过程中常见的问题和对策。

关键词：无铅焊接；无铅焊料

RoHS 无铅焊料的定义

Maximum Concentration Value (MCV)

最大浓度值

Homogeneous Materials

均匀材料

在均匀材料中的最大浓度值(MCV)

1. 铅(Lead,Pb)0.1%
2. 六价铬(Hexavalent Chromium,Cr +6)0.1%
3. 汞(Mercury,Hg)0.1%
4. 镉(Cadmium,Cd)0.01%
5. 聚合溴化联苯(PBB)0.1%
6. 聚合溴化二苯醚(PBDE)0.1%

对均匀材料的理解

1. 均匀材料(Homogeneous Materials) 指的是该物质不能通过机械方式进一步分离或分解成其它物质。
2. 均匀材料必须整体组成一致。
3. 以组装后的线路板为例:合金焊点、助焊剂残余物、焊盘、焊盘上喷锡合金、元器件引脚、引脚上的镀层等均被视为不同的均一物均匀材料。因此必须分别测定其与 RoHS 相关的有害物质。

获得豁免的一些 RoHS 有害物质

1. 汞含量不超过 5 毫克/灯的小型日光灯。
2. 汞含量不超过下列要求的荧光灯管:
卤磷酸盐 10 毫克/灯
三磷酸盐 (普通寿命型) 5 毫克/灯
三磷酸盐 (长寿命型) 8 毫克/灯
3. 特殊用途的荧光灯管中的汞。
4. 指令中未提及的其它荧光灯中的汞。
5. 阴极射线管、电子元件、荧光灯管等所用玻璃中的铅。
6. 铅含量不超过 0.35wt%的钢, 铅含量不超过 0.4wt%的铝, 铅含量不超过 4wt%的铜。
7. 高熔点焊料中的铅 (如铅含量超过 85wt%的 Sn-Pb 焊料)

服务器、存储器、存储阵列系统中所用焊料中的铅用于交换、信号传输、以及电信网络管理基础设施中所用焊料中的铅电子陶瓷部件中的铅 (如压电陶瓷)

8.76/769/EEC 指令及 91/338/EEC 修正指令中禁止使用之外镉镀层

9.在吸收式电冰箱中作为碳钢冷却系统防腐剂的六价铬

- 10.用于配合针型连接器中的铅
- 11.用于 C-环型导热模块表面涂层的铅
- 12.用于倒装芯片封装的芯片与载体之间联结的焊料中的铅
- 13.在光学玻璃和滤光玻璃中使用的铅或镉

关于对无铅焊料合金专利的一些看法

- 1.所有二元焊料合金均不存在任何专利问题
- 2.Sn-4.0Ag-0.5Cu 在 1959 年被公开发表过 (德国 Max-Plank 研究所)
- 3.Sn-3.0Ag-0.5Cu 是 80 年代使用过并申请过专利的产品(美国 Harris 公司 Engelhard 公司)
- 4.日本千住/松下有关 Sn-Ag-Cu 焊料合金的专利覆盖了上述两种合金,从而引起争议和困惑
- 5.在二元/三元焊料合金中掺杂微量过度金属元素是否可等同于杂质元素

实用化的无铅焊料

目前已经有超过 100 个无铅焊料的专利,由于性能、价格、自然界储藏量等原因,只有一小部分具有实用价值。

实用化焊料可按熔点范围作如下分类 :

- 1.低温无铅焊料(熔点低于 180℃)
- 2.熔点与 Sn63/Pb37 相当的无铅焊料(180-200℃)
- 3.中高温无铅焊料(200-230℃)
- 4.高温无铅焊料(230-350℃)

低温无铅焊料(熔点低于 180℃)

合金体系 组成 (wt%) 熔点/熔程 (℃)

Sn-Bi 42Sn/58Bi 138(e)

Sn-In 48Sn/52In 118(e)

Sn-In 50Sn/50In 118-125

Bi-In 67Bi/33In 109(e)

熔点与 Sn63/Pb37 相当的无铅焊料(180-200℃)

合金体系 组成 (wt%) 熔点/熔程 (℃)

Sn-Zn 91Sn/9Zn 198.5 (e)

Sn-Zn-Bi 89Sn/8Zn/3Bi 189-199

Sn-Bi-In 70Sn/20Bi/10In 143-193

Bi-In-Ag 77.2Sn/20In/2.8Ag 179-189

中高温无铅焊料(200-230℃)

合金体系 组成 (wt%) 熔点/熔程 (℃)

Sn-Ag 96.5Sn/3.5Ag 221(e)

Sn-Ag 98Sn/2Ag 221-226

Sn-Cu 99.3Sn/0.7Cu 227

Sn-Ag-Cu 96.5Sn/3.0Ag/0.5Cu 216-220

Sn-Ag-Cu 95.5Sn/3.8Ag/0.7Cu 216.4-217

Sn-Ag-Bi 91.7Sn/3.5Ag/4.8Bi 205-210

Sn-Ag-In 95Sn/3.5Ag/1.5In 218(e)

高温无铅焊料(>230℃)

合金体系 组成 (wt%) 熔点/熔程 (℃)

Sn-Sb 95Sn/5Sb 232-240

Sn-Au 20Sn/80Au 280(e)

无铅焊接过程中常见的问题和对策

- 1.润湿性差、焊点外观粗糙
- 2.工艺窗口小
- 3.焊接温度高
- 4.自定位效应减弱
- 5.焊点气孔增多
- 6.晶须的生成(Whisker Growth)
- 7.焊点剥离(Fillet Lifting)
- 8.立碑现象
- 9.优化型及传统型升温曲线

润湿性差:

无铅焊料的润湿性普遍比 Sn-Pb 共晶体系差,焊点表面粗糙属于合金本身的特质.相对而言,Sn-Ag-Bi 体系的润湿性优于 Sn-Ag-Cu 体系

出现的问题:

1. 与传统的质检标准不适应
2. 回流焊后焊料不能完全覆盖焊盘,可能导致焊盘腐蚀

解决方法:

1. 修订质检标准
2. 扩大钢网开空,使之尽量与焊盘大小接近(钢网开空 过大,锡膏印在 PCB 板上时可能会导致焊锡珠

Solder Ball 的形成)

3. 提高无铅焊膏的活性
4. 必要时采用在氮气保护下回流

提高无铅焊膏的活性可以改善无铅焊料润湿性差的问题,同时也可能导致锡膏储存寿命和使用寿命的缩短.因此活性的高低的问题,是焊膏配方设计过程中需要考虑的关键性问题

普赛特科技有限公司的特有技术:

采用微胶囊技术将活化剂用高分子材料包裹起来,形成微胶囊.使产品在常温下呈现低活性,而在预热温区将活化剂释放出来.从而达到梯度活性。

工艺窗口小:

常见的 Sn-Ag-Cu 体系回流温区窗口,由 $\Delta T=50^{\circ}\text{C}$ 左右, 缩小到 $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ 左右

出现的问题:

1. 由于 PCB 板面温度不均匀,造成板面局部过热或温度偏低.
2. 由于提高预热温度或延长升温时间而造成锡膏活性降低,导致焊接不良.

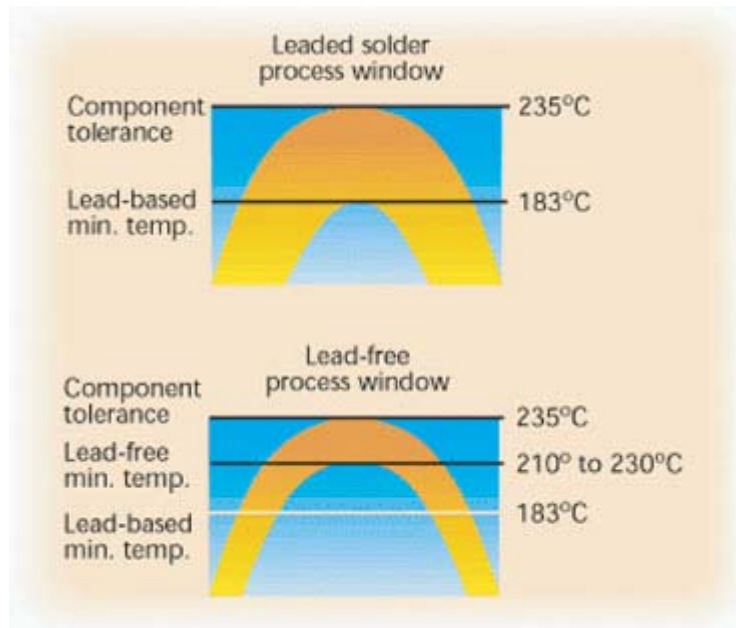
解决方法:

1. 提高回流焊机的性能(增加温区、提高温度控制能力、提高保温性能等)。

2. 提高焊膏的焊接能力,降低其对温度变化的敏感性。

3. 当必需提高预热温度并延长预热时间时,考虑在氮气保护下进行回流。

焊接温度高:通常较小、较简单的线路板的回流,其回流峰值温度可控制在 240℃ 以内.但当采用板面大、有大热容量元器件的 PCB 板时,回流峰值温度可能必须高于 240℃,即 FR-4 基材的极限温度。



出现的问题:

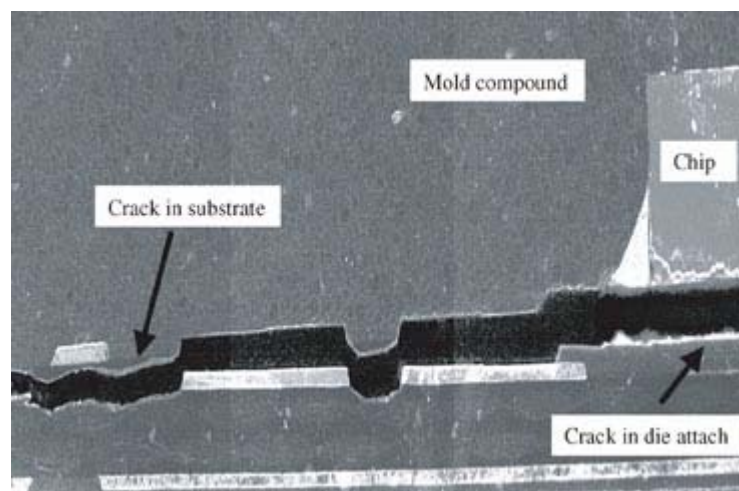
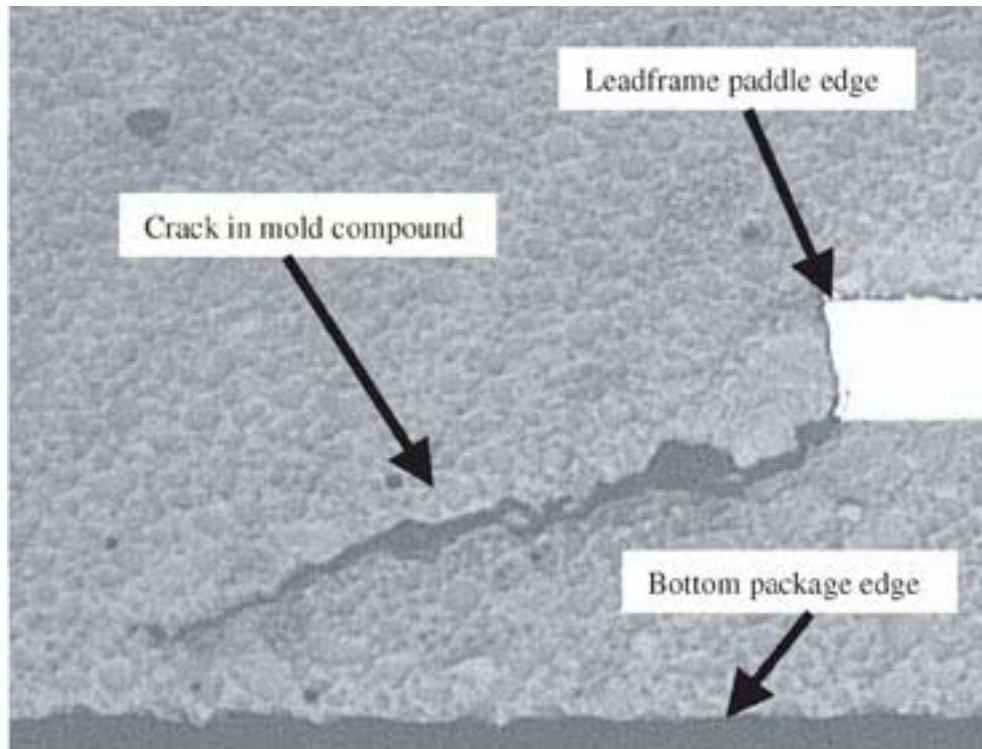
1. 以 FR-4 为基材的 PCB 板损坏
2. 元器件损坏
3. 锡膏活性降低而造成焊接不良

焊接温度高:

通常较小、较简单的线路板的回流,其回流峰值温度可控制在 240℃ 以内.但当采用板面大、有大热容量元器件的 PCB 板时,回流峰值温度可能必须高于 240℃,即 FR-4 基材的极限温度。

解决方法:

1. 采用新型耐高温基材(FR-5)的 PCB 板
2. 采用新型元器件
3. 提高锡膏的耐高温性能



自定位效应降低:

由于无铅合金材料的润湿性较差,在焊接过程中元件的自定位效应降低。

出现的问题:

当贴片过程中元器件发生偏移时,回流过程中得不到充分矫正。

解决方法:

1. 提高贴片机的贴片精度
2. 增强焊膏活性及润湿性
3. 必要时采用氮气保护下回流

焊点气孔增多:

与 Sn63/Pb37 相比,无铅焊接过程中会形成较多气孔.在 BGA,CSP 等元件的贴装过程中与有铅焊料混用时更加明显。

出现的问题:

通常情况下少量气孔的存在,对焊点的机械和抗疲劳性能不产生影响。但当焊点中存在大量气孔时,常

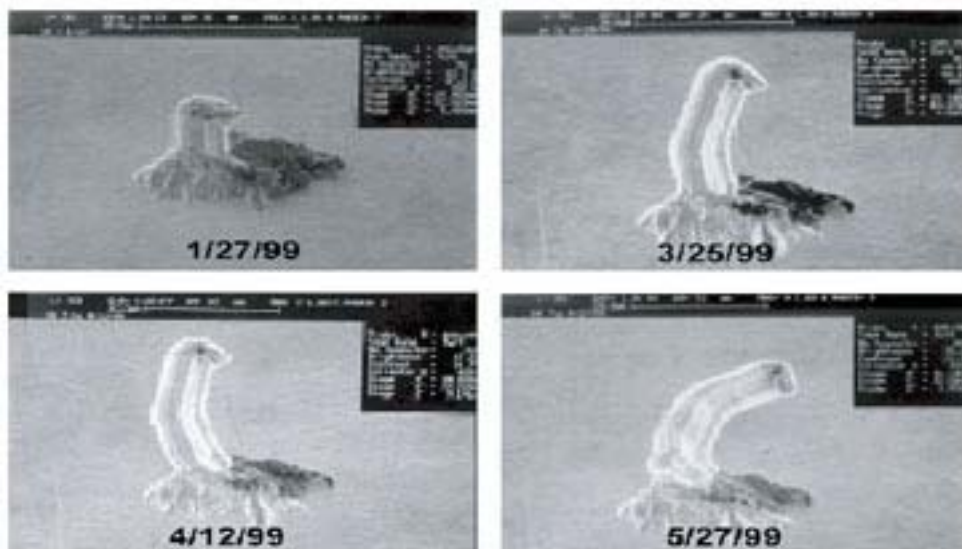
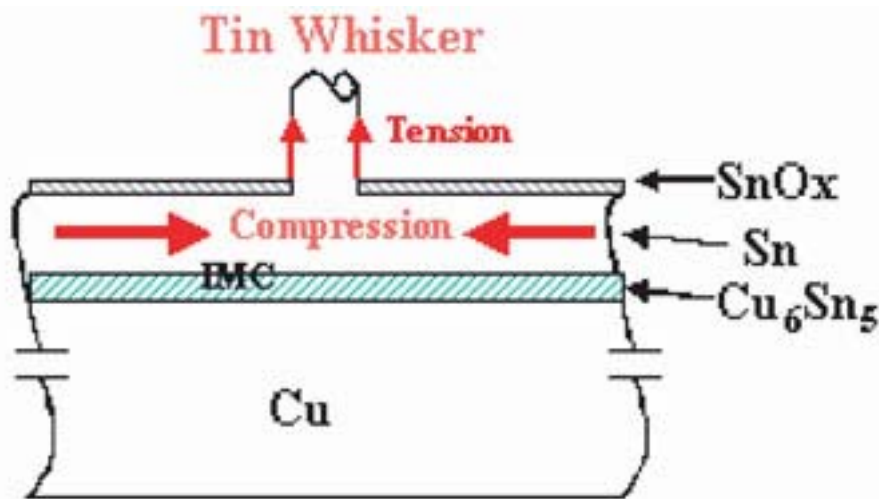
常表明合金回流不完全，残余物被包裹在焊点中。有时气孔的形成是由于焊盘润湿不完全。

解决方法:

1. 优化升温曲线
2. 增强焊膏活性及润湿性
3. 增强焊盘的可焊性
4. 避免有铅焊料和无铅焊料混用

晶须的生成(Whisker Growth):

当采用纯锡镀层对焊盘进行保护时,常常由于 Sn 金属内部存在较大的应力而生成须状单晶体。Sn/Cu 金属间化合物的生成,会增加 Sn 金属内部的压缩应力,从而助长晶须的生成。



出现的问题：

晶须的长度一般为几微米至几百微米,严重时可能造成 QFP 等细微间距元器件的短路。

解决方法：

1. 避免采用纯锡镀层进行焊盘保护。
2. 降低工艺过程中 PCB 板的受热温度,以减少金属间化合物生成。
3. 在回流焊过程中,尽量使焊料合金完全覆盖焊盘。

焊点剥离(Fillet Lifting):在使用含 Bi、In 的无铅焊料,或者元器件采用 Sn/Pb 镀膜时,常常会发生焊料合金

与焊盘之间的界面发生剥离的现象。

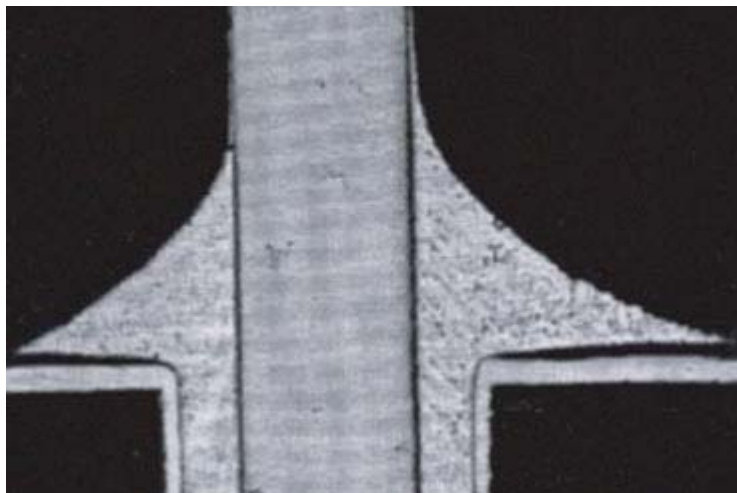
产生的原因:

- 1.焊料的固液共存温度范围太大,体系中发生晶枝生长的同时,出现金属 **Bi** 等元素的偏析现象.导致焊盘界面出现低熔点层.
- 2.焊接后冷却速度慢.
- 3.PCB 板通过通孔导热,导致在焊盘界面处焊料凝固延迟。

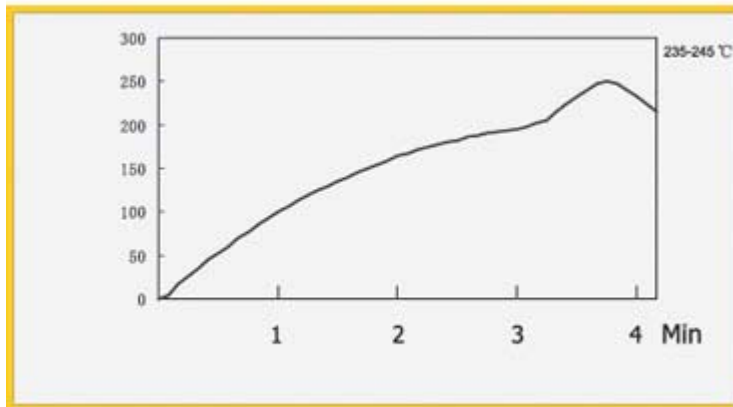
解决的方法:

- 1.避免使用含 **Bi**、**In** 的合金和 **Sn/Pb** 镀膜的元件.
- 2.加快焊接后冷却速度,以防止晶枝生成而导致 **Bi** 等元素的偏析.
- 3.在 **PCB** 板通的设计过程中避免通孔导热引起焊盘偏 热。

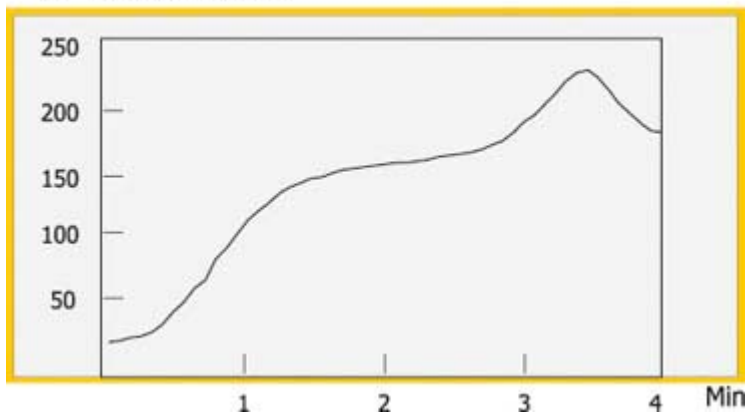
立碑现象(**Tombstoning**):在无铅焊接过程中,由于无铅焊料的表面张力较大,有时会导致 **0603** 或 **0402** 等片阻片容发生立碑（翘件）现象。



优化的升温曲线：



传统的升温曲线：



产生的原因：

- 1.回流过程中升温速度太快（温差及气体排放）.
- 2.焊盘间距太宽或太窄(漂移).
- 3.锡膏印刷太厚.
- 4.焊盘面积太大.
- 5.焊盘及元器件可焊性不均匀.
- 6.贴片精确度差.
- 7.阻焊膜太厚(高过焊盘).
- 8.锡膏挥发性物质偏高.

解决方法：

- 1.调整升温速率,最好采用优化升温曲线.
- 2.调整并优化焊盘设计.
- 3.降低钢网厚度.
- 4.采用可焊性均匀的 PCB 及元器件.
- 5.增加贴片精度.
- 7.调整阻焊膜厚度.
- 8.采用挥发性物质较低的锡膏.