

# 焊点强度和连接可靠性分析

——海洋仪器

焊点的强度、连接可靠性

与钎缝的金相组织结构、结合层的厚度有关

焊点的强度、连接可靠性主要包括两方面内容：

机械可靠性和电气化学可靠性。

评价焊点强度、连接可靠性需要进行可靠性试验

## 影响焊点强度和连接可靠性的 主要因素分析

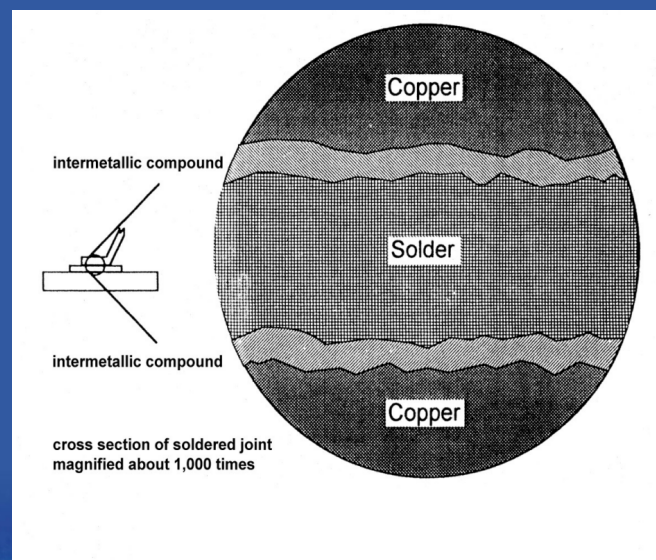
- (1) 钎缝的金相组织
- (2) 金属间结合层的厚度
- (3) 焊接材料的质量
- (4) 焊料量
- (5) PCB设计

## (1) 钎缝的金相组织

(a) 固溶体钎缝组织

(b) 共晶体钎缝组织

(c) 金属间化合物钎缝组织





# 从扩散过程分析钎缝组织 (以63Sn/37Pb焊料与Cu表面焊接为例)

当温度达到210-230℃时， Sn向Cu表面扩散， 而Pb不扩散。

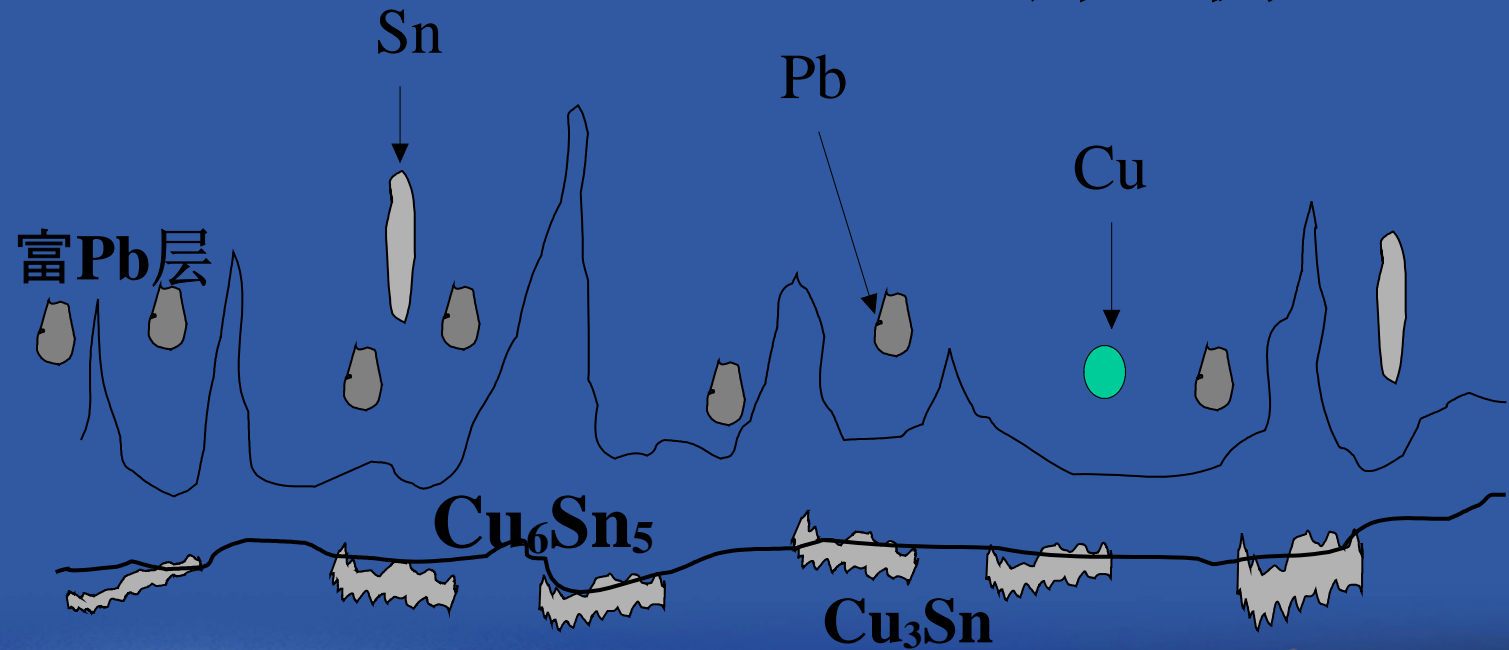
初期生成的Sn-Cu合金为：**Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>**（ $\eta$ 相）。其中Cu 的重量百分比含量约为40%。

随着温度升高和时间延长， Cu 原子渗透（溶解）到Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>中，局部结构转变为**Cu<sub>3</sub>Sn**（ $\epsilon$ 相）， Cu 含量由40%增加到66%。

当温度继续升高和时间进一步延长， Sn/Pb焊料中的Sn不断向Cu表面扩散，在焊料一侧只留下Pb，形成富Pb层。Cu<sub>3</sub>Sn和富Pb层之间的界面结合力非常脆弱，当受到温度、振动等冲击，就会在焊接界面处发生裂纹。

# 钎缝(结合层)结构示意图

## 熔融Sn/Pb焊料侧

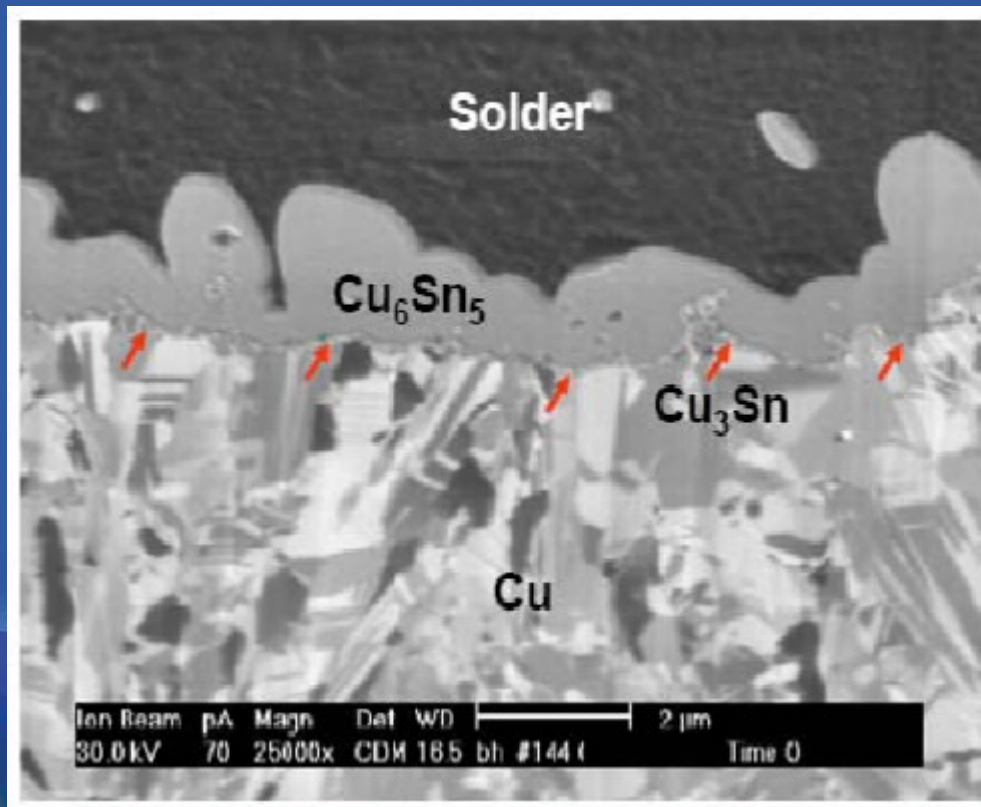


## Cu焊端表面

钎缝中的反应是非平衡的，几种反应常常会在钎缝中同时发生

钎缝主要有固溶体、共晶体和金属间化合物的混合物组成

## 焊料直接与Cu生成的结合层



红色的箭指示的是  $\text{Cu}_3\text{Sn}$

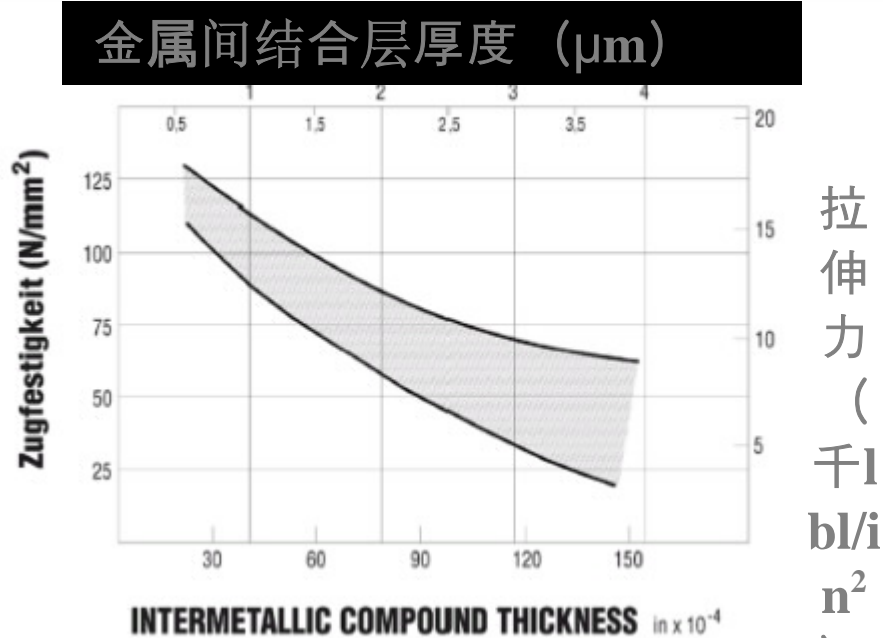


## Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>与Cu<sub>3</sub>Sn两种金属间化合物比较

名称	分子式	形成	位置	颜色	结晶	性质
相	Cu <sub>6</sub> Sn <sub>5</sub>	焊料润湿到Cu时立即生成	Sn与Cu之间的界面	白色	截面为6边形实芯和中空管状，还有一定量5边形、三角形、较细的园形状、在钎料与Cu界面处有扇状、珊贝状	良性，强度较高
相	Cu <sub>3</sub> Sn	温度高、焊接时间长引起	Cu与Cu <sub>6</sub> Sn <sub>5</sub> 之间	灰色	骨针状	恶性，强度差，脆性



## (2) 金属间结合层的厚度与抗拉强度的关系



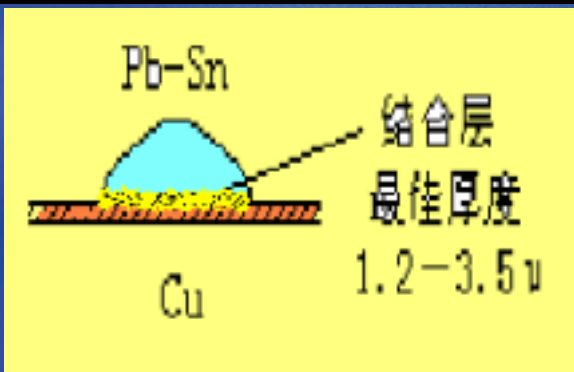
\*厚度为 $0.5\mu\text{m}$ 时抗拉强度最佳；

\* $0.5\sim 4\mu\text{m}$ 时的抗拉强度可接受；

\* $< 0.5\mu\text{m}$ 时，由于金属间合金层太薄，几乎没有强度；

\* $> 4\mu\text{m}$ 时，由于金属间合金层太厚，使连接处失去弹性，由于金属间结合层的结构疏松、发脆，也会使强度小。

金属间结合层厚度与抗拉强度的关系



Intermetallic Compounds 缩写IMC

## 钎缝厚度厚度究竟为多少最佳?

- 理论界有不同的说法:  $< 4\mu\text{m}$ ,  $5\mu\text{m}$ ,  $8\mu\text{m}$ ?

业界有一点认识非常统一:

- 焊接后必须生成结合层, 此结合层由共晶体、固溶体、金属间化合物的混合物组成。
- 钎缝中不可能没有金属间化合物, 但不能太厚。
- 因为金属间化合物比较脆, 与基板材料、焊盘、元器件焊端之间的热膨胀系数差别很大, 容易产生龟裂造成失效。

金属间结合层的质量与厚度与以下因素有关:

## (a) 焊料的合金成份和氧化程度

(要求焊膏的合金组分尽量达到共晶或近共晶;

含氧量应小于0.5%，最好控制在80ppm以下)

## (b) 助焊剂质量 (净化表面, 提高浸润性)

(c) 被焊接金属表面的氧化程度 (只有在净化表面, 才能发生扩散反应)

## (d) 焊接温度和焊接时间



## 焊接热量是温度 and 时间的函数

- 焊点和元件受热的热量随温度和时间的增加而增加。
- 金属间结合层的厚度与焊接温度和时间成正比。
- 例如 $183^{\circ}\text{C}$ 以上，但没有达到 $210\sim 230^{\circ}\text{C}$ 时在Cu和Sn之间的扩散、溶解，不能生成足够的金属间结合层。只有在 $220^{\circ}\text{C}$ 维持2秒钟左右的条件下才能生成良性的结合层。但焊接温度更高时，扩散反应率就加速，就会生成过多的恶性金属间结合层。焊点变得脆性而多孔