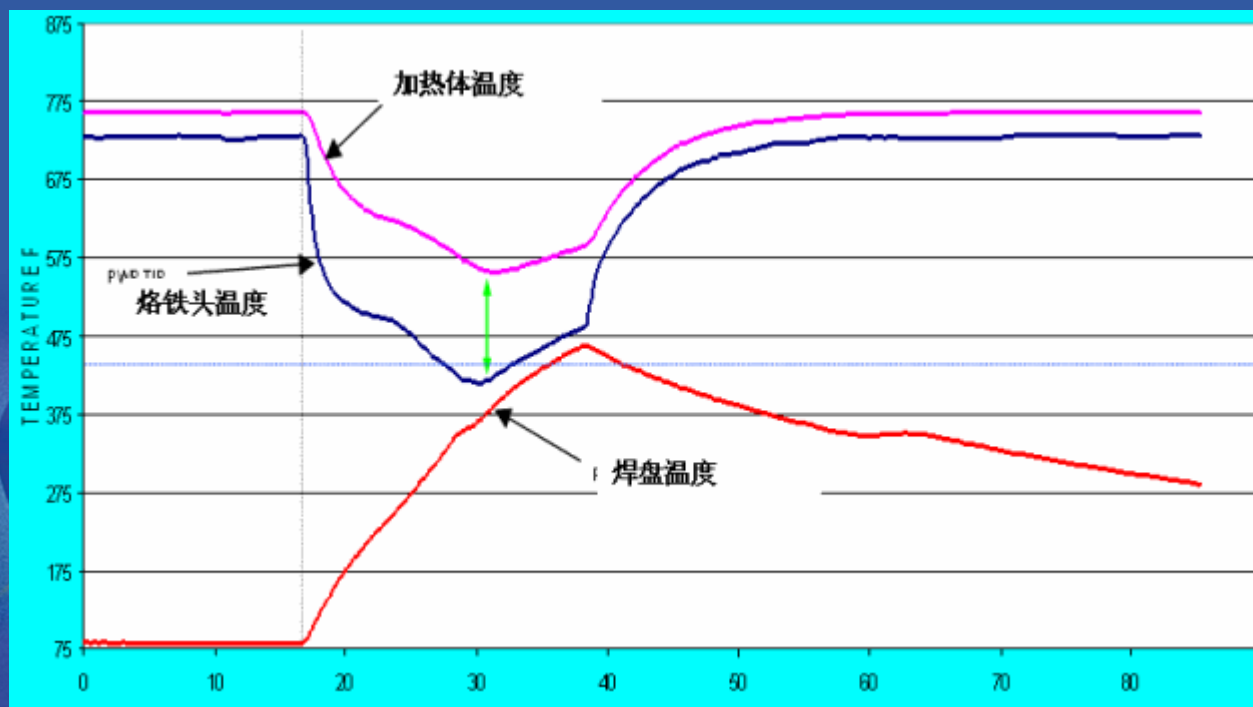


焊接原理和合金的形成

—海洋仪器

焊接过程中的物理本质

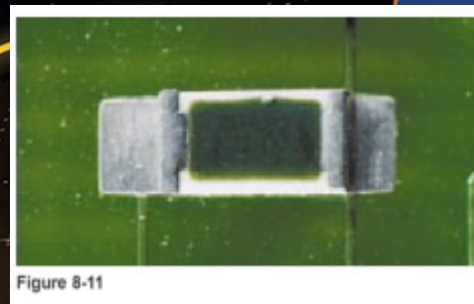
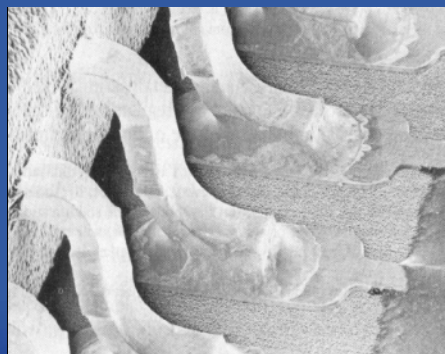
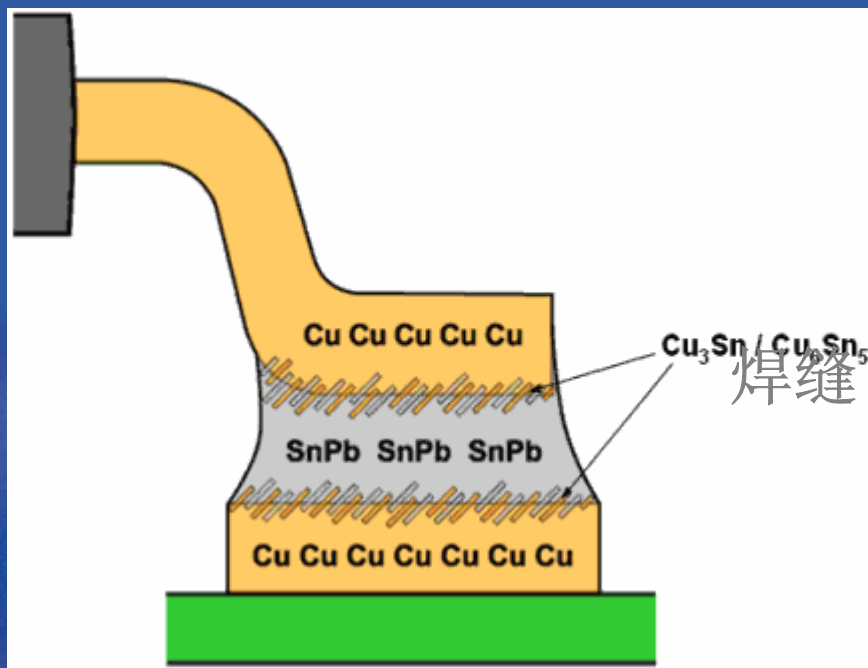
- 焊接过程中的物理现象：
 - 烙铁头温度降所释放的热量+发热体在焊接过程发热= 元器件升温+PCB板升温+焊丝融化+向周边散热



焊点要求

- (1) 产生电子信号或功率的流动
- (2) 产生机械连接强度

焊接后在焊料与被焊金属界面生成金属间合金层（焊缝）



锡焊机理

当焊料被加热到熔点以上，焊接金属表面在助焊剂的活化作用下，对金属表面的氧化层和污染物起到清洗作用，同时使金属表面获得足够的激活能。熔融的焊料在经过助焊剂净化的金属表面上进行浸润、发生扩散、溶解、冶金结合，在焊料和被焊接金属表面之间生成金属间结合层（焊缝），冷却后使焊料凝固，形成焊点。焊点的抗拉强度与金属间结合层的结构和厚度有关。

锡焊过程——焊接过程是焊接金属表面、助焊剂、熔融焊料和空气等之间相互作用的复杂过程

物理学——化学——助焊剂分解、氧化、还原、电极电位

冶金学——合金、合金层、金相、老化现象

表面清洁

焊件加热

熔锡润湿

扩散结合层

电学——电阻、热电动势

冷却后形成焊点

材料力学——强度（拉力、剥离疲劳）、应力集中

合金的形成

- 一般情况下，合金的形成经历4阶段
- 1，润湿
- 2，扩散
- 3，溶解
- 4，冶金

(1) 润湿

液体在固体表面漫流的物理现象

润湿是物质固有的性质

润湿是焊接的首要条件

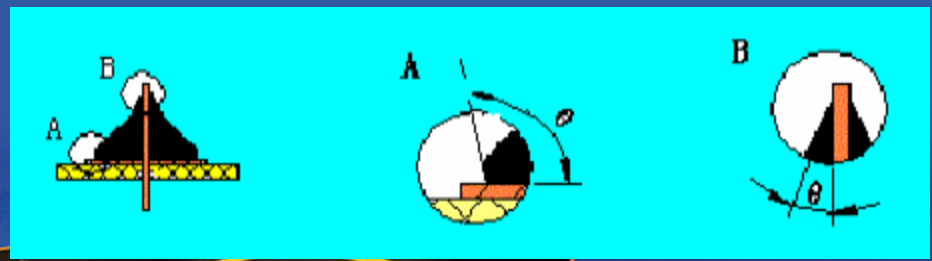
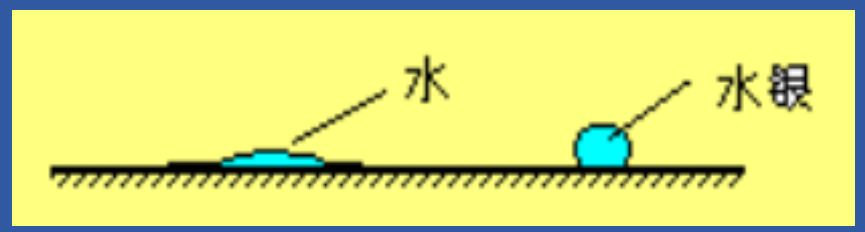
润湿角 θ

=焊料和母材之间的界面
 与焊料表面切线之间的夹角

焊点的最佳润湿角

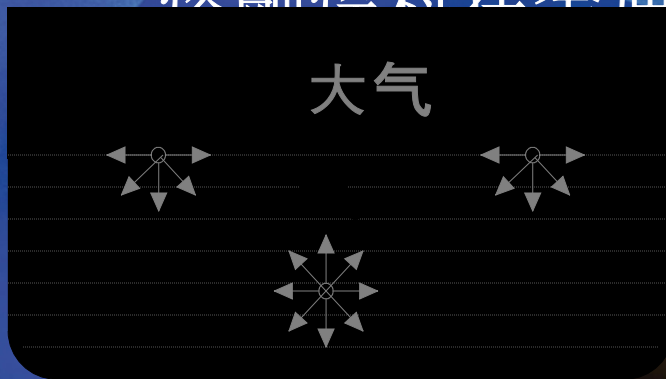
Cu----Pb/Sn 15~45°

当 $\theta=0^\circ$ 时, 完全润湿; 当 $\theta=180^\circ$ 时, 完全不润湿;



表面张力

- 表面张力——在不同相共同存在的体系中，由于相界面分子与体相内分子之间作用力不同，导致相界面总是趋于最小的现象。
- 由于液体内部分子受到四周分子的作用力是对称的，作用彼此抵消，合力=0。但是液体表面分子受到液体内分子的引力大于大气分子对它的引力，因此液体表面都有自动缩成最小的趋势。
- 熔融材料在全属表面也有表面张力现象。



液体表面分子受液体内分子的引力 > 大气分子引力

液体内部分子受力合力=0

表面张力与润湿力

- 熔融焊料在金属表面润湿的程度除了与液态焊料与母材表面清洁程度有关，还与液态焊料的表面张力有关。
- 表面张力与润湿力的方向相反，不利于润湿。
- 表面张力是物质的本性，不能消除，但可以改变。

焊接中降低表面张力措施

- ①提高温度——升温可以降低黏度和表面张力的作用。
- 升高温度可以增加熔融焊料内的分子距离，减小焊料内分子对表面分子的引力。
- ②适当的金属合金比例——Sn的表面张力很大，增加Pb可以降低表面张力。63Sn/37Pb表面张力明显减小。

- ③增加活性剂——能有效地降低焊料的表面张力，还可以去掉焊料的表面氧化层。
- ④改善焊接环境——采用氮气保护焊接可以减少高温氧化。提高润湿性

毛细管现象

- 毛细管现象是液体在狭窄间隙中流动时表现出来的特性。
- 将两块平行的金属板或细管插入液体中，金属板内侧与外侧的液面高度将有所不同，如果液体能够润湿金属板，则内侧的液面将高于外侧的液面，反之，如果液体不能润湿金属板，则内侧的液面将低于外侧的液面。

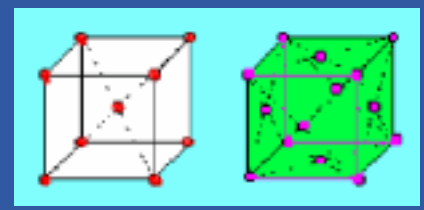


在熔融焊料中也存在毛细管现象

毛细管现象在焊接中的作用

- 在软钎焊过程中，要获得优质的钎焊接头，需要液态钎料能够充分流入到两个焊件的缝隙中。
- 例如通孔元件在波峰焊、手工焊时，当间隙适当时，毛细作用能够促进元件孔的“透锡”。
- 又例如再流焊时，毛细作用能够促进元件焊端底面与PCB焊盘表面之间液态焊料的流动。
- 液态焊料在粗糙的金属表面也存在毛细管现象，有利于液态焊料沿着粗糙凹凸不平的金属表面铺展、浸润，因此毛细管现象有利于焊接的。

(2) 扩散



金属原子以结晶排列，原子间作用力平衡，保持晶格的形状和稳定。

当金属与金属接触时，界面上晶格紊乱导致部分原子从一个晶格点阵移动到另一个晶格点阵。

四种扩散形式：表面扩散；晶内扩散；
晶界扩散；选择扩散。

扩散的类型

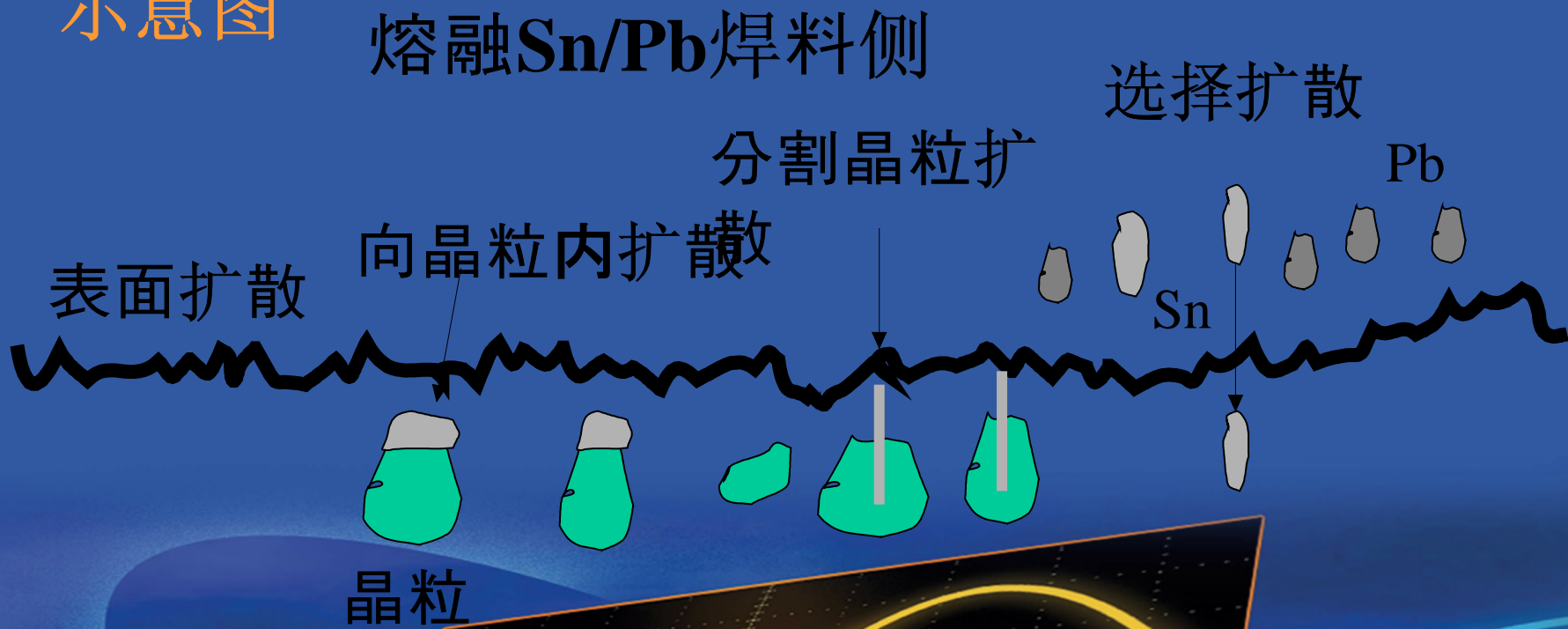
原晶格 置换型

焊料
界面
焊件

扩散条件：相互距离（金属表面清洁，无氧化层和其它杂质，
两块金属原子间才会发生引力）

温度（在一定温度下金属分子才具有动能）

表面扩散、晶内扩散、晶界扩散、选择扩散示意图



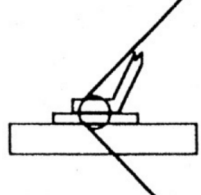
Cu表面

(3) 溶解

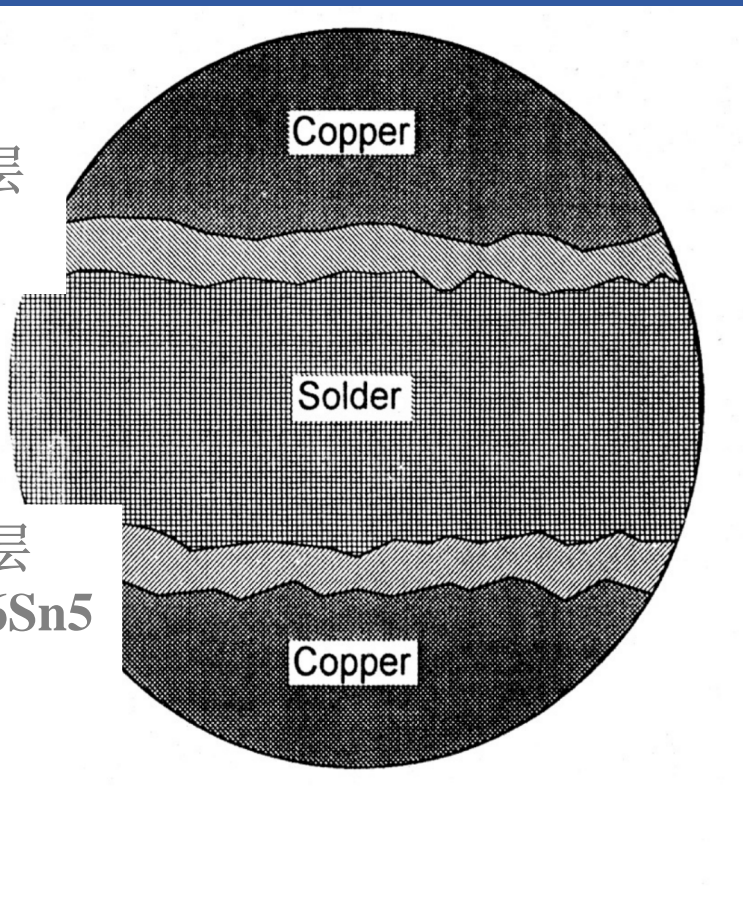
- 母材表面的Cu分子被熔融的液态焊料溶解或溶蚀。

(4) 冶金结合, 形成结合层 (金属间扩散、溶解的结果)

金属间结合层
 Cu_3Sn
和 Cu_6Sn_5



金属间结合层
 Cu_3Sn 和 Cu_6Sn_5



最后冷却凝固形成焊点
以 $63\text{Sn}/37\text{Pb}$ 焊料为

例,

共晶点为 183°C

焊接后 ($210\text{-}230^\circ\text{C}$)

生成金属间结合层:

Cu_6Sn_5 和 Cu_3Sn

放大1,000倍的QFP引脚焊点横截面图