

第 6 章 5：焊接技術

不同情境用不同焊接方法，本章整理。

一、焊接的物理本質

焊錫熔化後，與焊盤金屬形成「冶金鍵結」 (intermetallic compound, IMC)：- Sn 與 Cu 形成 Cu_6Sn_5 、 Cu_3Sn - 焊點強度來自 IMC 層 - IMC 太厚反而脆

二、焊錫材料

含鉛 (Sn-Pb)

- Sn63/Pb37：共晶， 183°C
- 平整、可靠、好焊
- 但有毒 (RoHS 禁用)

無鉛 (Lead-Free)

- SAC305 (Sn96.5/Ag3.0/Cu0.5)：熔點 217°C ，主流
- SAC0307 (低銀，便宜)
- SnBi (Sn-Bi 合金)：低溫 138°C ，便宜但脆
- SnCu：手焊用
- AuSn (金錫)：高溫應用

助焊劑 (Flux)

- RA (Rosin Activated)：強，需清洗
 - RMA (Rosin Mildly Activated)：中
 - No Clean：不必清洗
 - Water Soluble：水洗
-

三、焊接方式

1. 手焊（烙鐵）

烙鐵類型

- 乾接觸：傳統
- 熱風：SMD
- 熱拆：拆元件
- 感應加熱

烙鐵頭

- 圓頭、錐頭：點焊
- 平頭：拖焊（drag soldering）
- 大頭：散熱大區

溫度

- 含鉛：320–350° C
- 無鉛：350–400° C

2. 回焊（Reflow，前章）

3. 波焊（Wave Soldering）

- 通孔元件主流
- 板從熔錫波上滑過
- 自動化

流程

PCB → Flux → Preheat → [?] → [?][?]

4. 選擇性波焊（Selective Wave）

- 局部波焊
- 不影響 SMT 區域

5. 噴流焊（Mini Wave）

混合 SMT + 通孔板使用。

6. 雷射焊接

- 局部精密
- 微型化應用

7. 電烙鐵

- 老式
- 維修用

四、清洗

為什麼要清洗？

殘留助焊劑可能：- 吸濕 - 造成腐蝕 - 增加表面阻抗 - 影響高頻電路

清洗方式

- 超音波清洗
- DI 水 (Deionized)
- 半水清洗：含化學品
- No Clean：不必清洗

不可清洗的元件

- 機械繼電器
- 部分連接器
- LCD (要保護)

五、典型缺陷與排除

焊點外觀

- 良好：光亮、凹面、適量
- 冷焊：粗糙、顆粒、灰白
- 空焊：缺錫
- 橋接：兩腳連在一起
- 錫珠：周圍有小球

偵測方法

- 目視（放大鏡）
- AOI
- X-Ray（BGA）
- ICT
- FCT

修補方法

- 烙鐵 + 焊錫加熱重做
- 熱風 + 助焊劑重新熔
- BGA 用 reball + reflow

六、可靠性議題

1. IMC 過厚

長時間高溫 → 連續長 IMC 層 → 焊點脆。

2. Whisker（鬚晶）

純 Sn 焊點長出細針，可能短路。解方：加 Pb、Bi 等抑制。

3. 熱循環疲勞

不同膨脹係數元件 + 焊點：- 熱循環造成裂紋 - 大面積（QFN、BGA）特別嚴重

4. 機械應力

PCB 彎曲、衝擊 → 大封裝焊點裂。

5. 電遷移

大電流 + 熱 → 金屬原子遷移 → void。

七、本章總結

✅ 您應該掌握：

- [x] 焊接的物理本質與 IMC
 - [x] 含鉛 vs 無鉛焊錫
 - [x] 各種焊接方式
 - [x] 清洗的必要性與方法
 - [x] 缺陷與排除
 - [x] 焊點可靠性議題
-

下一章

06-???.md