

## 無鉛製程組裝不良解決技術- 品牌商、製造商、組裝商與電路板商之責任

### 摘要

台商正式接觸無鉛議題大約僅有五年時間，而實際導入無鉛試產或量產也僅不過是這兩、三年間的事情，不過無鉛產品不良率居高不下的現象、堆積如山的庫存不良品、原物料成本波動幅度甚大，製造成本控制不易、無鉛製程管理迥然迥異、及令人哭笑不得的客戶要求等等，這些都說出了以代工狀態為主的台商內心最深處的痛，其實在這些辛苦的背後裡的我們，其實都陷入了某些情境的迷失，而這些迷失在最初僅導致一些問題點的發生，但由於持續不斷的迷失，讓這些小創口變成了嚴重的病症而不自覺，最後當然不得不以倒閉收場，由這兩年間倒閉的同業可略窺一二，因此在提筆撰寫本文之前，曾反覆思考切入的突破口為何？何種突破口的解說可以帶來最大之效益？多方考量後，將針對無鉛製程技術之迷失現象為帶領主角，藉由迷失情境之說明，往下一一進行陳述，希冀對讀者能帶來一些助益與製程技術規劃協助。

無鉛製程技術之迷失將從六大領域與三大對象切入深入探討，六大領域包括無鉛市場環境變異與迷失、無鉛製造成本變異與迷失、無鉛製程技術變異與迷失、無鉛製程管理變異與迷失、無鉛產品良率判定與迷失、無鉛測試數據運用與迷失。

### 第一章 無鉛材料 - solder paste, solder bar, solder wire

無鉛錫合金系統之設計與選擇必須考量的因素相當多，其中包括了錫與基材間的潤溼性、擴散性、吃錫性、合金本身的各項物理特性(如：機械強度、金屬疲勞壽命、抗氧化性、接合點強度...等)及回收再利用性，因此需就其物理特性、操作性能...等進行釐清及評估工作。

無論是波焊或是迴焊，製程上的溫度及操作條件與過去經驗有大幅度的不同，這樣的變因也導致周邊配合的條件，如PCB或零件耐熱性、零件腳電鍍之物質..等等配合條件必須考量之外，製程中無鉛焊料特性在成品中所展現的良好信賴性也是導入此類合金廠商所必須考量的重點，由於上述的考量因子，導致在製程中的變數及相互影響因素不勝枚舉，也因此產生必須對於不良點問題發生的原因進行分析與研判，進而將結果導入製程內。

### 第二章 無鉛製程技術不良之迷失



雖然無鉛議題是由於歐盟RoHS危害物質限用環保指令的一部份，但在其本質上卻是不折不扣的技術競合議題，無鉛焊料的取代效應，衍生出龐大市場商機，從焊接設備的更新(SMD, Wave soldering)、助焊劑的改變、PC板的無鹵化、Tg提高的需求、零件腳的無鉛化、零件耐熱效應、組裝製程輔導、信賴性與可靠度檢測等，市場上正在進行新一波的洗牌，誰能在最後勝出，目前仍屬難料，其原因在於無鉛製程的穩定端賴市場新競爭者-新焊錫材料的進入與否；但無鉛焊料高溫效應，卻也同時帶來嚴苛的製程技術淘汰賽，從SMT組裝不良、DIP組裝不良、BGA組裝不良、環境試驗的嚴苛考驗等等，都在在是應用最高智慧的結晶。如何有效結合無鉛知識與經驗，並配合製程最佳化之技術以解決無鉛製程技術瓶頸，是解決無鉛不良問題的不二法門，但是行業技術、專門知識與優越感卻讓探索者迷失在無鉛迷宮中，久久不得其門而出，其原因就在“迷失”這個情境上，讓當事者無法自拔於現有情境，而持續沈迷在過去情境中。我曾經協助許多同業解決相當多無鉛不良問題，發覺其關鍵成功因素，非在我的口才，而是在於聽者是否準備好開放的心胸，等待挑戰的克服，這種精神才是未來的無鉛環境中需要的態度，因此調整好心態，開始迷航之旅吧。

	PCB 業	EDS 組裝業/零件業	成品業
無鉛市場環境變異與迷失	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 無鉛環境之板品質需求</li> <li>■ 不良率與板成品之關係</li> <li>■ 供應鏈位置之變異</li> <li>■</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 製程技術來源迷失</li> <li>■ 溫度效應</li> <li>■ 助焊劑效應</li> <li>■ 機會成本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 主、副易位</li> <li>■ 供應鏈質變</li> <li>■ 營運模式變異</li> <li>■ 設計端之整合</li> </ul>
無鉛製造成本變異與迷失	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 無鉛成本-原物料價格波動</li> <li>■ 無鉛成本-製程單元變異</li> <li>■ 無鉛成本-製造成本與品質</li> <li>■</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 無鉛成本-原物料價格波動</li> <li>■ 無鉛成本-設備變異 (SMT/DIO/HS)</li> <li>■ 無鉛成本-不良成本變異</li> <li>■ 溫度效應</li> <li>■ 板材與零件庫存</li> <li>■ 錫膏/錫槽管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 不良損失變異</li> <li>■ 製造成本變異</li> <li>■</li> <li>■</li> </ul>
無鉛製程技術變異與迷失	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 專業知識之認知</li> <li>■ 責任分野與認定</li> <li>■ 不良品之應變</li> <li>■ 表面處理技術取舍</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 製程單元時間限制</li> <li>■ 製造設備管理</li> <li>■ 低溫/高溫曲線</li> <li>■ Tg 效應</li> <li>■ BGA</li> <li>■ 最適化組合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 基材-零件-組裝供應系統變異</li> <li>■ 整合分工趨向大同</li> <li>■ 協同效應</li> <li>■ 系統表單與紀錄</li> </ul>
無鉛製程管理變異與迷失	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 品質穩定度</li> <li>■ 與客戶之互動模式</li> <li>■ 無鉛需求品質 KSI</li> <li>■ 製造管理模式</li> <li>■</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 製造標準化變異</li> <li>■ 流程標準化變異</li> <li>■ 品質流程變異</li> <li>■ 檢驗流程變異</li> <li>■</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 前工程管理</li> <li>■ 供應鏈管理</li> <li>■ 品質系統負荷加遽</li> <li>■ 業務-訂單-出貨系統</li> <li>■</li> </ul>
無鉛產品良率判定與迷失	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 管理流程與表單</li> <li>■ 數據取得與研判</li> <li>■</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 錫珠</li> <li>■ 拒焊</li> <li>■ 冷焊、空焊</li> <li>■ 孔環裸露</li> <li>■ 爆板</li> <li>■ 噴錫</li> <li>■ 板彎</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 決策系統</li> <li>■ 協同效應</li> <li>■ 效能與良率</li> <li>■</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ BGA 不良</li> <li>■ 爬錫不良</li> <li>■ 零件損毀</li> <li>■ 補焊不良</li> </ul>	
無鉛測試數據運用與迷失	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 檢測運用與效用範圍</li> <li>■ 案例收集與彙整</li> <li>■ 技術諮詢的取得</li> <li>■</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 切片</li> <li>■ SEM-EDX</li> <li>■ SEM-BSE</li> <li>■ 紅墨水實驗</li> <li>■ 沾錫實驗</li> <li>■ 強度實驗</li> <li>■ 全斷面切片</li> <li>■ 環境試驗</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 統計系統與變異</li> <li>■ 系統化資料</li> <li>■</li> <li>■</li> </ul>

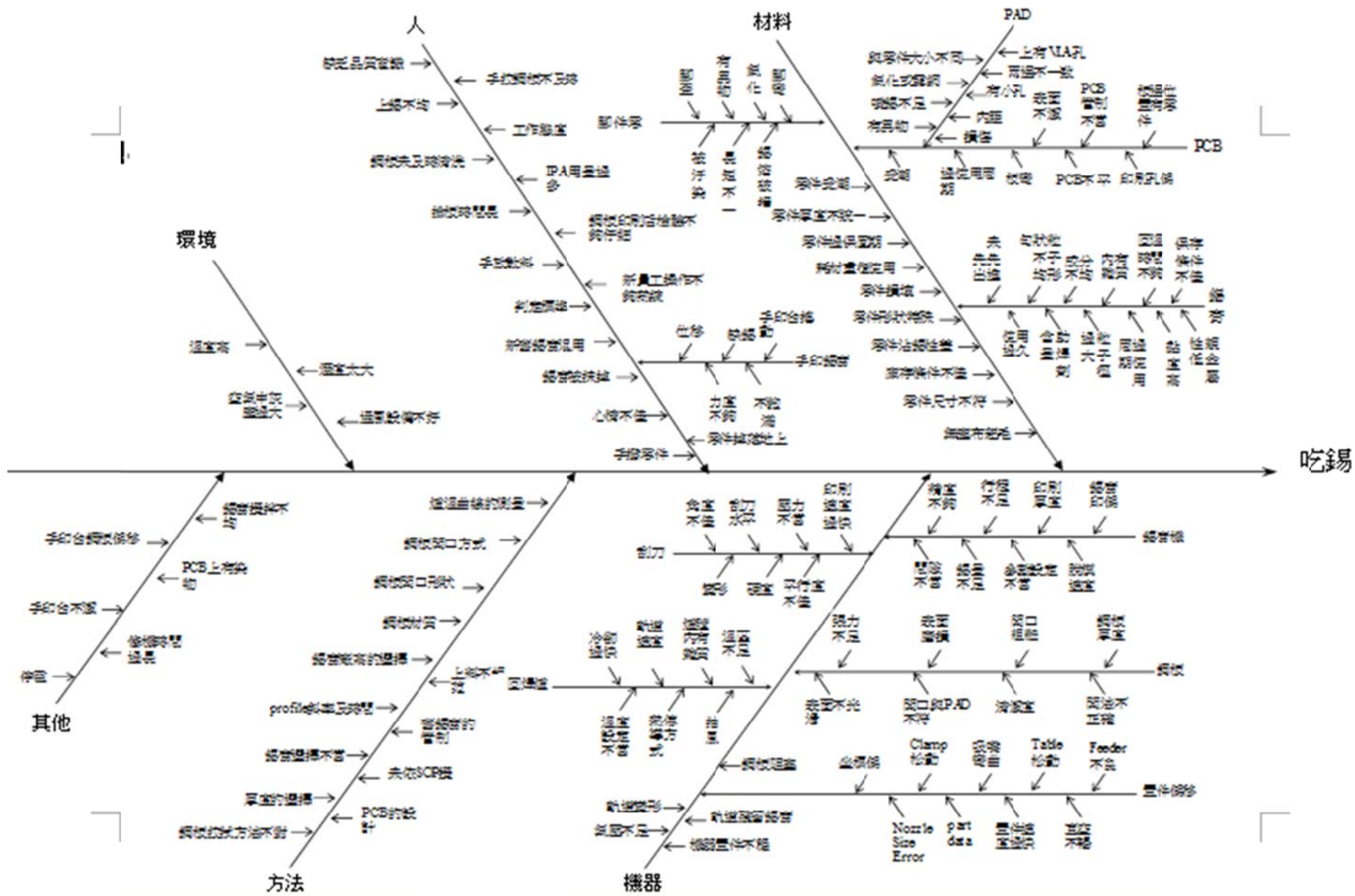
### 第三章 無鉛焊接不良現象

在使用無鉛焊料的過程中會產生的不良點現象，由於新式無鉛焊錫的使用，近來較被接受的無鉛合金是比63%Sn/37%Pb及共熔點187°C更高迴焊作業環境下的替代材質，而目前最可被接受的合金其共熔點約介於210-221°C，高於Sn/Pb約30-40°C。無論是波焊或是迴焊，本例中的無鉛焊點可能會與傳統的Sn/Pb合金焊點在目視上有所差異，這是由於不同合金使用的緣故，當錫膏經加熱變成液體狀態時，它會潤濕焊墊表面，並形成具有可信賴性的共金焊點，但隨著合金使用不同，也會出現不同焊點型態，而焊墊表面的焊接處也會隨之出現不同的型態。

無論是波焊或是迴焊，製程上的溫度及操作條件與過去經驗有大幅度的不同，這樣的變因也導致周邊配合的條件，如PCB或零件耐熱性、零件腳電鍍之物質..等等配合條件必須考量之外，製程中無鉛焊料特性在成品中所展現的良好信賴性也是導入此類合金廠商所必須考量的重點，由於上述的考量因子，導致在製程中的變數及相互影響因素不勝枚舉，也因此產生必須對於不良點問題發生的原因進行分析與研判，進而將結果導入製程內，以此出發點，所提出之常見不良點分析結果包括QFP爆裂、球狀銲接點、無鉛片狀剝離、立碑、玉米花爆裂、焊接空洞化、無效迴焊程序、焊點空洞、焊料空洞、焊料錫珠、板彎、焊料滲透不佳等問題，GT希望能協助廠商在無鉛製程路上提出原因及解決對策，尋找有效的技術解答。

### 第四章 無鉛組裝與不良之參數考量

無鉛製程組裝技術可以分為環境準備、設備、PAD、人、材料與其他等部分分別考量，下列魚骨圖及式這些考量大項下之重要參數。







## GT 公司服務 - 無鉛製程技術與不良分析管理

- 接受無鉛不良測試委託。
- 無鉛組裝不良原因與結果解析。
- 客製化無鉛製程技術導入專案規劃。
- 無鉛製程技術客製化廠內班課程規劃

項目	課題	內容	時間 (小時)
1.	如何透過 <u>無鉛錒料品質及代工廠設備狀態</u> 考量無鉛組裝不良之原因及應對管理改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 材料特性/可行性</li> <li>➢ 製程變數考量</li> <li>➢ 回焊爐規格狀態影響</li> <li>➢ 波峰爐規格狀態影響</li> <li>➢ 烙鐵規格狀態影響</li> <li>➢ 對 EMS 能力評鑑查檢表</li> </ul>	3
2.	如何透過 <u>回流焊(貼片式元器件)</u> 組裝流程考量無鉛組裝可能不良產生原因及應對管理改善措施	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 溫度曲線 ( 預熱因素+<math>\Delta T</math>+冷卻速率+昇溫速率 ) 之技巧</li> <li>➢ 看懂溫度曲線對應 PCBA 組裝結果研判</li> <li>➢ 熱分佈效應</li> <li>➢ 刮刀參數/印刷與鋼板/錫膏參數影響</li> <li>➢ 回流焊不良案例研討</li> <li>➢ 對 EMS 能力評鑑查檢表</li> </ul>	3
3.	如何透過 <u>波峰焊(插件式元器件)</u> 組裝流程考量無鉛組裝可能不良產生原因及應對管理改善措施	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 軌道操作角度/載具污染、軌道污染+Tank pollution</li> <li>➢ 溫度曲線 ( 預熱因素+<math>\Delta T</math>+冷卻速率+昇溫速率 ) 之技巧</li> <li>➢ 熱分佈效應/助焊劑對熱效應之影響</li> <li>➢ 錫渣管理/噴嘴考量/錫槽銅濃度控制</li> <li>➢ 大元器件之操作考量參數</li> <li>➢ 波峰焊不良案例研討</li> <li>➢ 對 EMS 能力評鑑查檢表</li> </ul>	3

4.	如何評估 <u>PCB 及元器件</u> 因素影響無鉛組裝不良產生原因及應對管理改善措施	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PCB 表面處理種類影響</li> <li>➤ 零件腳表面鍍層</li> <li>➤ 零件耐熱性考量</li> <li>➤ PCB 材質考量</li> <li>➤ PCB 與零件無鉛管理/規範/技巧</li> <li>➤ 零件不良案例研討</li> <li>➤ PCB 不良案例研討</li> </ul>	3
5.	無鉛不良案例檢討與討論	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 不良品環境狀態必要資訊收集</li> <li>➤ PCB 因素不良案例</li> <li>➤ 波峰焊因素不良案例</li> <li>➤ 回流焊因素不良案例</li> <li>➤ 產品不良設計因素不良案例</li> <li>➤ 管理不良因素不良案例</li> </ul>	6
6	(option) 如何建立良好無鉛管理程序	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 保存安定性</li> <li>➤ 量產系統管理(進料/製程間/出貨)</li> <li>➤ 製程外包規劃/銜接技術</li> <li>➤ 外包製程量產瓶頸</li> <li>➤ 不良檢視與補救</li> </ul>	3
7	(option) PCB 製程管理技術及良率	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PCB 種類及選用依據</li> <li>➤ PCB 製造流程</li> <li>➤ PCB 品質管理</li> <li>➤ PCB 品質管制重點</li> </ul>	3
8	(option) 無鉛重工及手焊條件確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PCB 重工</li> <li>➤ BGA 重工</li> <li>➤ 手焊條件測試</li> <li>➤ 重焊條件測試</li> <li>➤ 手焊 SOP</li> <li>➤ 改善對策</li> </ul>	3

## 為何選擇 GT 公司服務 – 無鉛製程技術與不良分析

- 無鉛不良解析十年以上實廠解決經驗。
- 具有數百案例無鉛不良樣品分析經驗。
- 唯一為無鉛不良樣品測試結果出具分析結果報告。
- 可出具國際知名驗證公司TÜV SÜD(台灣)無鉛不良解析報告。
- 百場以上公開課程訓練；具有企業數百場廠內班開班經驗。
- 具有數十家完整輔導企業導入無鉛製程技術專案。

## 關於 GT 公司

綠色技術科技公司自詡為客戶做到”為亞洲通往全世界的前瞻綠色技術溝通橋樑”。公司的使命是以”前瞻綠色技術為本位，發展綠色產品整合性驗證服務；以科學驗證為基礎，共創與客戶價值互補的研發合作模式”。

公司組成成員均是在綠色產品系統管理與綠色技術規劃見長，綠色技術經驗均具有十年以上資歷，經驗橫跨環境技術本位能力、綠色產品工作經驗、檢測開發技術能力、驗證運作實務經驗、IT 整合專業規畫及發展、綠色產品技術開發能力實務、綠色製程導入技術、國際合作經驗及關係、國際大廠合作經驗、測試機構運作經驗、綠色保險建立實績、綠色專利地圖規劃經驗。

我們的服務包括綠色產品驗證服務、綠色標章產品驗證服務、綠色績效產品專案規劃、綠色策略規劃、碳管理績效、綠色軟體運用規劃、綠色保險、綠色專利、綠色產品/設備規劃、綠色設備整合。

意者請洽: 02-8772 2431 或 [hkhuang@greenteck-psb.com](mailto:hkhuang@greenteck-psb.com)