

減少翹曲/節省成本

低溫焊接製程急奔碳中和

◎ 莊家豪

筆電大廠聯想、CPU大廠英特爾(Intel)早在2017年便提出低溫焊接製程(Low Temperature Soldering, LTS)，為何人們現在需要關注此事，同時為何需要用到低溫？未來幾年LTS是否真的會成為消費型產品的主流？

由於溫室氣體排放導致全球暖化，目前歐盟於2005年已啟動碳排放交易機制，目標2030年能較1990年減碳55%，2050年達到碳中和。

在全世界共同追求碳中和的聲浪中，蘋果(Apple)已在《2020環境進展報告》中表示，為了實現碳中和，計畫將所有業務、生產供應鏈及產品生命週期的淨碳排放量降為零。中國近期也因應碳中和，嚴格執行「能耗雙控」政策，在十多個省區實施限電。碳中和已不僅是各國的環保議題，更成為產業必然發展趨勢，如何在這個潮流中站穩腳步並找出新方向，是整個產業鏈都需要面對的議題。

根據國際電子製造商聯盟(International Electronics Manufacturing Initiative, iNEMI)的預測，低溫焊錫技術應用產品的市占率將

從目前低於1%提高至2027年的20%以上，顯現電子產業對環境議題的重視及永續發展的實踐。

據統計，當製程從無鉛製程更改或低溫焊接製程時，表面黏著封裝(SMT)的整體費用每年可減少約40%成本開銷，二氧化碳排放一年可以減少約31~57噸，此效益非常明顯。

近期筆者所任職的宜特科技與其相關企業德凱宜特之實驗室中，紛紛接到終端品牌大廠、系統組裝廠、PCB板廠以至CPU、GPU晶片大廠等業者前來詢問，是否能夠進行LTS驗證測試。產業鏈上下游都已啟動，代表導入LTS已是必要作為。本文以下將介紹LTS相關製程與驗證。

LTS製程兩大優勢

LTS可協助企業降低生產成本

除了環保節能外，成本控管是一大誘因。

、材料成本：

由於原先的無鉛製程中，晶片與PCB必

須滿足220°C~260°C的溫度範圍，因此所選擇材料必須考量到能承受高溫的環境，高再結晶溫度選擇就是其中之一。但往往需付出更多成本，當選擇低溫錫膏時，SMT可降低至140°C~170°C，材料也就不需要刻意選擇耐更高溫，選擇一般再結晶溫度即可，一來一往之下晶片與PCB都能用較低成本來製作。

· SMT製程縮短：

針對需插件式元件，本體大多為塑膠材料，無法抵抗無鉛製程溫度，必須選擇波峰焊，導致無鉛SMT流程必須有兩道；不過當選擇LTS時，插件式元件可承受LTS溫度，SMT僅需一次即可將所有元件組裝在PCB上，大幅降低工時。站在企業角度來看，對於成本的控管能有立竿見影的效果。

LTS可降低翹曲發生

對於晶片發展，先進製程為了讓IC元件有更多功能，以往需要將多顆元件整合在一起，透過多堆疊與尺寸的放大，晶片可能又厚又大，但隨之而來遇到一個狀況—翹曲(Warpage)。此狀況隨著製程溫度上升越明顯，翹曲狀況就更嚴重(圖1)。

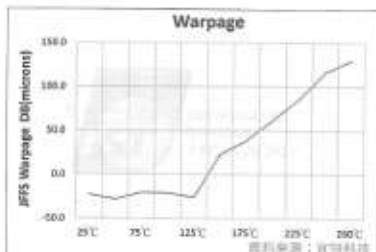


圖1 樣品尺寸30x30mm，在不同溫度點翹曲變化圖

不過當低溫焊接製程出現時，似乎出現了一絲曙光，由於晶片翹曲會依溫度上升逐漸放大，溫度越高產生的變形也越大，假如SMT生產只需一半的溫度時，翹曲狀況是否也只有有一半？

這個答案是肯定的，根據宜特科技與德凱宜特可靠度驗證實驗室的經驗，當尺寸介於30x30~50x50mm範圍內，140°C~160°C翹曲的程度較240°C~260°C降低50~70%，這表示，在不變更任何晶片的設計，透過低溫錫膏，就能克服SMT過程產生翹曲的現象。

低溫錫膏可靠度瓶頸仍待解決

可靠度是保障消費者在購買產品後不受環境或外力的因素並可以正常使用。至於更換低溫錫膏的可靠度為何？

低溫錫膏在可靠度方面的確是個瓶頸，低溫錫膏組成是由錫(Sn)與鉍(Bi)合金組成，但鉍金屬較脆，在應力相關測試，例如衝擊與彎曲試驗，會較現今業界常用錫-銀-銅合金稍弱一些，這迫使市場不敢大膽地去變更製程材料。

不過近年錫膏商在錫鉍合金中加入第三種或第四種金屬，增加整體強度，其可靠度壽命已與錫-銀-銅合金差異不大。

目前針對低溫錫膏的可靠度驗證，尚無產業規範，不過已有顧客規範，其測試項目主要為兩項，其一是溫度循環試驗(Thermal Cycling Test)；二是衝擊測試(Shock Test)，針對前者，宜特科技與德凱宜特實驗室針對新型低溫錫膏也有初步的驗證結果，以下分別介紹。

溫度循環試驗中低溫錫膏壽命較一般錫膏長

當在錫鉛合金中增加第三種或第四種合金元素，執行溫度循環壽命試驗，從實驗結果顯示，較錫-銀-銅合金提升約50~60%(圖2)，這表示低溫錫膏對於環境類測試的影響較小。由於本文選擇較小的晶片進行測試，目的是比對各種錫膏之差異性，當選擇較大晶片來進行驗證時，彼此壽命分布應該會更接近。

低溫錫膏工作/應用環境溫度須審慎評估

不過，由於低溫錫膏的熔點溫度較低，材料再結晶溫度會趨近工作溫度與環境溫度，這會讓整體焊點結構在未達到熔點溫度就會進行結構調整。根據驗證結果，進行溫度循環試驗前，針對低溫錫膏烘烤96小時，與未烘烤比對，壽命下降約15%(圖3)，這表示晶片或環境溫度達到100°C以上，焊點結構強度會逐漸下降，所以使用低溫錫膏時工作環境溫度與應用須審慎評估。

衝擊試驗之餘需考量其他應力試驗

針對低溫錫膏應力問題，目前顧客規範多選擇衝擊測試來驗證焊點強度，主要來自於衝擊測試會產生較大的應變力，因此可在短時間獲得壽命特性。不過除了衝擊測試外，產品在組裝過程中的負載強度、形變量、晶片承受壓力等，這些在低溫錫膏導入後，都必須考量進去，藉以確保可靠度品質能與現今製程有相同保障。

低溫焊接製程預計將會成為未來主

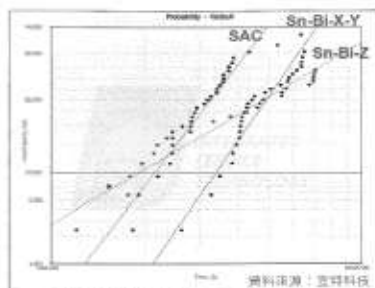


圖2 不同錫膏溫度循環壽命分析

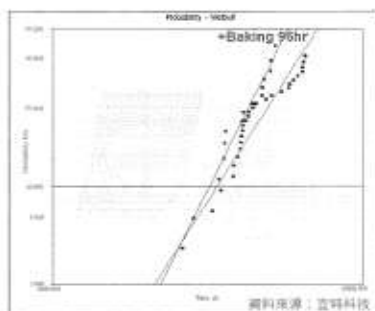


圖3 烘烤96小時壽命分析

流。如宜特科技與德凱宜特實驗室便已布建完整低溫焊接製程驗證平台(LTS Platform)，從測試機台、分析工具、板材與相關錫膏材料驗證等，可以大數據分析方式協助顧客進行材料開發，並針對市場需求建置更完整相關設備，提出更符合產品驗證流程。

此外，針對減碳議題，宜特科技亦提供碳水足跡盤查輔導與驗證服務，針對組織型溫室氣體與水足跡盤查 ISO 14064，碳足跡盤查ISO 14067以及溫室氣體節能ISO 50001協助顧客進行輔導。

(本文作者為宜特科技零組件暨機電工程組經理)