

進行IC設計時，最怕就是IC晶片本身品質沒問題，但是當IC上板SMT後，卻過不了後續的驗證，目前時常看到許多IC設計業者遇到這樣的問題；而近期最多的莫過於上板後的翹曲(Warpage)問題，導致後續可靠度發現早夭，嚴重甚至須將產品退回到最初的IC設計階段，曠日廢時。

先進製程零件材料堆疊複雜為翹曲主因

為什麼翹曲導致後續可靠度問題，近期發生頻率這麼高呢？主要原因來自於越來越多廠商，在開發先進製程的晶片；而先進製程晶片，是由非常多不同材質、不同

功能的晶片堆疊起來。例如MCM多晶片模組、系統級封裝與Fan-in/Fan-out等，這樣的元件使用的材料相當複雜且多元，堆疊在一起時，因材質本身熱膨脹係數不同(CTE)就會產生翹曲(圖1)。

除了晶片元件本身會發生翹曲外，晶片透過表面黏著技術(SMT)結合到電路板時，因晶片與電路板CTE不同，翹曲的狀況就會加劇。而當翹曲超過一定的幅度，就會造成SMT的焊接品質不良，也影響後續的可靠度測試結果。也因此，如何妥善安排這些溫度特性不同的材料依序堆疊，在加熱與散熱時不會互相影響，是相當嚴苛的技術挑戰。

在5~10年前，翹曲幅度控制在6~8mil以內，都還不至於影響後續SMT等製程；然而這幾年先進製程的材料種類複雜且反覆堆疊，受到溫度影響後的變形量已比5~10年前的樣品來的嚴重。根據宜特板階可靠度實驗室發現，隨著未來接腳數越來越多，晶片上板時，使錫膏(Solder Paste)與錫球可以接合順利所使用的治具鋼板(Stencil)，厚度就會越來越薄(圖2)，繼續維持在6~8mil的翹曲幅度，是否能夠像早期不至於影響SMT製程品質，令人堪憂。

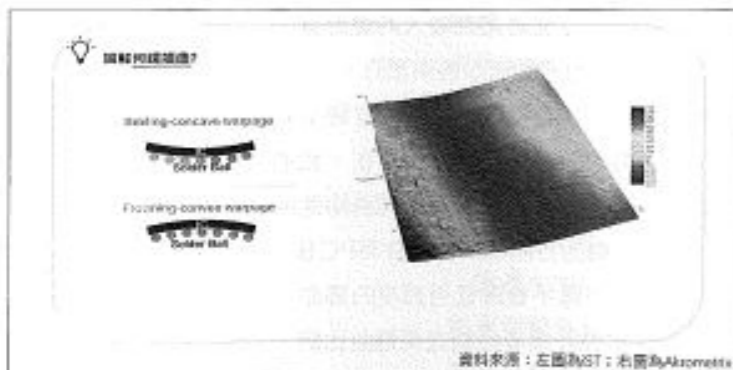


圖1 先進製程晶片元件或多或少都會有翹曲現象，變形量符合IPC規範控制在一定程度內，都不會影響後續元件上板品質。



PCB翹曲過大易導致空焊與短路

當然，也不能將所有的問題放在零件身上，因為PCB也會有翹曲的狀況。原先以為PCB厚度只要超過1.6mm，PCB本身發生翹曲的機率會較小，但實則不然。宜特板階可靠度實驗室曾經有個經典案例，IC上板至PCB時，以為只是IC零件有翹曲問題(圖3)，但做了一連串的SMT製程參數調整之後，依舊發現空焊與短路問題，最終發現原因，不只是IC有翹曲，PCB也有翹曲，且翹曲變形量過大造成SMT異常。

除此之外，空焊短路還不是最嚴重的問題。更嚴重的是翹曲後的焊點，將會呈現拉伸與擠壓的形狀，完美的焊點應該是接近「球型」，而翹曲將導致焊點呈現「瘦高」或「矮胖」形狀，這些「非球型」的焊點，容易產生應力集中而斷裂，使得後續在可靠度驗證中，出現早夭現象的機率提高。

透過SMT解決翹曲方式，一是透過修改鋼板治具開孔大小，針對間距較大的地方給予較多的錫膏；二是透過鋼板治具抑制零件的變形。

修改SMT鋼板治具開孔大小治標不治本

然而這兩種解法必須多次驗證才能找出SMT最佳條件，若無法有效解決翹曲問題，可能得退回設計階段找尋其他材料來取代，曠日廢時。因此，若能在SMT前，取得晶片與PCB翹曲相關資訊，將可事半功倍。宜特板階可靠度實驗室使用相關量測翹曲的設備，可以針對元件與PCB來模擬翹曲的程度，再去調整SMT的參數設定，確保SMT過程中有良好的焊接品質；



圖2 左圖為傳統PCB，鋼板因接腳數較少，錫球用的不多，相對鋼板不需要太薄；右圖表示隨著先進製程的元件接腳數變多，錫球需要較多，鋼板就需要較薄。

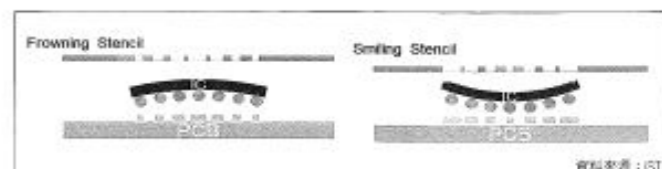


圖3 左圖為哭臉變形元件使用哭臉鋼板；右圖為笑臉變形元件使用笑臉鋼板。

如此可避免因不良焊接品質導致影響可靠度驗證以及不必要的成本開銷。

翹曲量測的原理，是應用樣品上的參考光柵和它的影子之間的幾何干涉產生摩爾雲紋分布圖，進而計算出各圖元位置中的相對垂直位移，並可應用於模擬SMT回流焊溫度和操作環境條件，同時捕捉一個完整的歷史翹曲位移表現。而量測分析的速度非常快，約半小時就可得知元件在不同溫度的變形量，也能模擬溫度循環的環境，協助客戶與可靠度測試進行搭配，觀察產品在哪个溫度會達到最大的變形量，並能在測試中思考如何改善與預防。

總結來說，在宜特板階可靠度實驗室觀察中，翹曲的問題勢必會持續存在，我們無法控制材料的特性，但如果透過篩選的方式，找出翹曲方向相同的零件與PCB，我們認為這不僅不會降低可靠度的壽命，也能協助IC設計業者找到完美翹曲比例，達到1+1>2的價值。☺

(本文作者為宜特科技零組件暨板階工程部經理)