



拆解先進封裝晶片失效原因 強化Daisy Chain後失效分析

陳科名

板階可靠度(Board Level Reliability, BLR)是國際上常用來驗證焊點強度的實驗手法，透過將模擬元件組裝於印刷電路板(PCB)，重現出可能會發生的錫球焊接問題。過去，IC設計廠商送產品進行檢測時，通常只有針對元件，元件測試雖沒有問題，但組裝於印刷電路板時，卻發生問題，以致於產品必須重新送回檢測，費時又費力，也支付更多附加成本，造成上述問題的起因在於，IC元件廠商並不了解元件到了封測廠或系統整合商手中時，會因封裝或黏合過程中造成如何的影響，加上IC廠商本身並不製造印刷電路板，對此技術不了解，以致於無法符合系統廠商的要求；為了讓IC元件更貼近實際使用環境，板階可靠度測試應運而生。

BLR實驗的第一步，需要先進行菊花鍊(Daisy Chain)設計，將待測樣品元件與電路板連結的各個焊點形成網絡，藉此即時監控每個焊點良率，可成功得知各個錫球焊點是否失效，更能準確擷取失效的時間點，及早進行改善。Daisy Chain線路設計可分成兩部分，一半的線路是設計在IC元件上，另一半則設計在PCB測試板上，當IC元件透過表面黏著(SMT)到PCB

測試板時，即可形成一個完整的Daisy Chain(圖1)。

但是，當進行完一系列的板階可靠度驗證後，還是有可能Fail。因此需要透過其他步驟進行故障分析，才能找到阻值變化的原因。筆者將提供實驗室兩項經典案例，分別為一般封裝元件與先進封裝元件，說明廠商如宜特實驗室如何藉由定位、顯像、切片三步驟(圖2)，協助客戶除錯，以釐清產品無法通過驗證的原因，

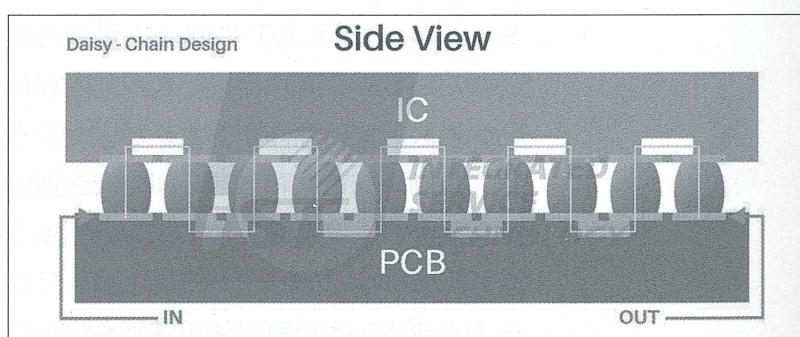


圖1 Daisy Chain設計示意圖

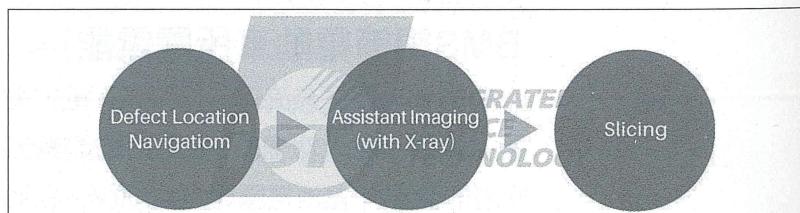


圖2 使用定位、顯像、切片三步驟即可找到異常點

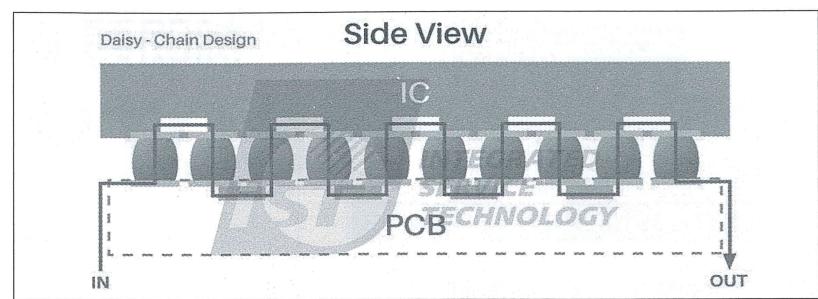


圖3 從PCB板端研磨至Daisy Chain走線裸露

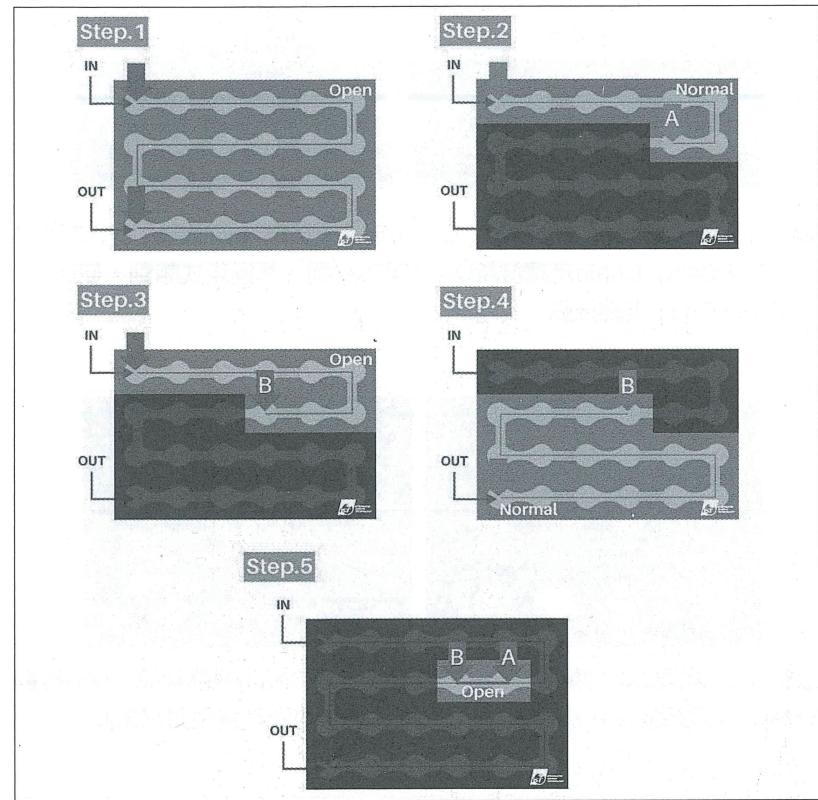


圖4 透過二分法，進行走線電性測試，一步步找到異常相對位置：圖四(1)，先在IN與OUT點通電，發現Open(異常)。接著，圖4(2)在IN與A點通電，電性正常。接著，圖4(3)，在IN與B點通電，顯示Open(異常)。圖4(4)，在OUT與B點通電，電性正常。最後圖4(5)，在B與A點通電，顯示Open(異常)；藉由二分法，找到異常相對位置

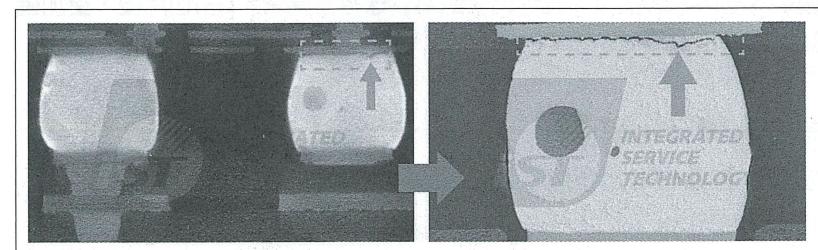


圖5 (左)錫球與焊墊(Pad)連接地方出現異常；(右)切片觀察到錫球裂開

進而協助客戶快速將產品改版重新驗證，讓產品可以如期上市。

一般封裝樣品採二分法進行走線電性測試

在完成板階可靠度試驗後，若實驗後仍保有電性(Leakage/Short)，第一步驟，宜特實驗室會先使用如Thermal EMMI(InSb)電性熱點(Hot Spot)測試機台，定位故障點XY座標位置。第二步驟，利用非破壞式的X-Ray/3D X-Ray顯像。第三步驟，可選擇使用較低壓力的Plasma-FIB，或是使用研磨(Cross-section polish)搭配SEM的方式，將失效斷面切出並分析失效原因。

若異常現象為「開路(Open)現象」，因開路已無電流流過，無法使用熱點分析定位異常位置。必須在第一步驟「定位」前，先將樣品進行破壞性的水平研磨製備，從PCB測試板端水平研磨至Daisy Chain走線裸露後(圖3)，接著，透過「二分法」(圖4)，進行走線的電性測試，找到異常的相對位置(定位)。

第二步驟，透過宜特實驗室的X-Ray收斂異常點，從圖5(左)中，可以清楚看見錫球與焊墊(Pad)連接的地方，出現異常(顯像)。第三步驟，切片進一步觀察，從圖5(右)中，則發現錫球裂開了，就此找到發生阻值異常的原因(切片)。

先進封裝樣品透過EBAC找到異常斷點

若是像2.5D或3D IC等先進封裝樣品，封裝形式屬多晶片，Daisy Chain的設計，將跳脫以往單一晶片搭配一個測試



板，而是多晶片搭配在一個測試板的形式(圖6)，那麼板階可靠度試驗後出現故障，就需要進一步找異常點。

以宜特實驗室的經驗為例，若異常型態為仍有電性(Short/Leakage)，可用同一般封裝樣品故障分析形式，先使用Thermal EMMI(InSb)進行熱點分析，定位異常位置，並透過X-Ray/3D X-ray顯像，最後使用Plasma FIB物性研磨，將失效斷面切出進行分析。若異常型態為「Open」，一樣同一般封裝形式，必須在「定位」前，先進行樣品製備。不過，這邊要特別留意，一般封裝形式Daisy Chain走線是位在IC與PCB板間(詳見圖7(左))，但先進封裝形式，Daisy Chain走線路徑則介於兩顆Die之間(圖7(右))，因此無法使用從PCB測試板端研磨的傳統方式(走線不在PCB端)，就必須從晶背端，利用「乾式蝕刻」方式，讓位於Die 1與Die 2間的Daisy Chain走線裸露。所謂「乾式蝕刻」，與傳統濕式蝕刻的差別在於，前者可以讓樣品在不碰觸任何酸液藥品的狀態下，進行樣品製備。而「濕式蝕刻」，會因為酸的使用而發生滲酸的可能，進而破壞異常點的原貌。所以如果異常點發生在錫球，就必須採用乾式蝕刻方式來進行樣品製備。

Daisy Chain裸露後(圖8(左))，即可進行第一步驟「定位」，因此時異常情況為開路，無法通電，就無法使用Thermal EMMI(InSb)測電流Hot Spot，必須透過EBAC，將電子束導入樣品內部，電荷會累積於正常走線處，而異常處電荷無法累積，畫面就會全暗，即可判別異常位置，找到異常斷點(圖8(右))。第二步驟「顯像」，安排X-ray/3D X-ray複檢，發現錫球接合異常(圖9(左))。第三步驟「切片」，安排Plasma FIB/物性研磨進行切片，找到異常原因為錫球斷裂(圖9(右))。

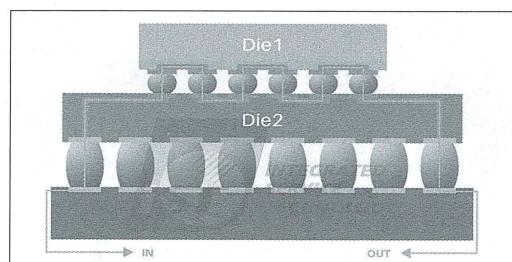


圖6 先進封裝Daisy Chain走線形式

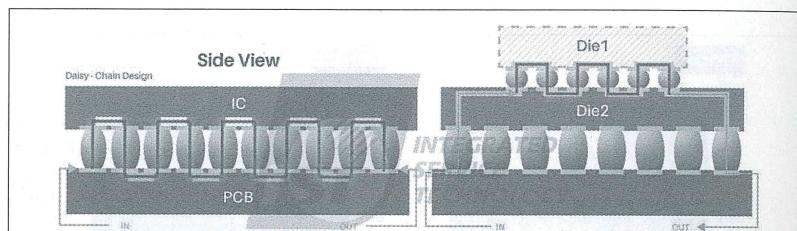


圖7 (左)一般封裝形式，Daisy Chain走線位於PCB與IC間；(右)先進封裝形式，Daisy Chain走線位於Die 1與Die2間，透過乾式蝕刻，使Die 1的 Daisy Chain走線裸露

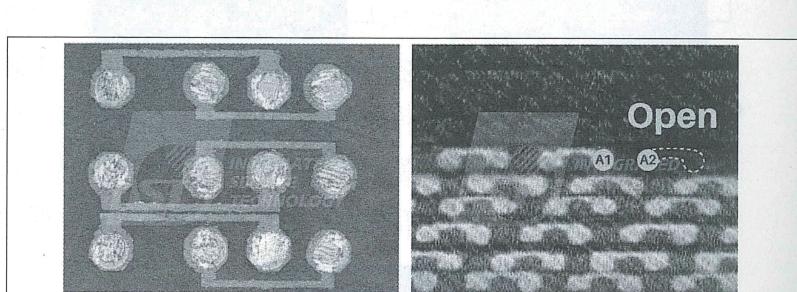


圖8 (左)透過OM，觀察到樣品製備後Daisy Chain裸露樣貌。(右)透過EBAC，觀察到A1-A2之後的影像全暗，藉此判別其就是異常斷點

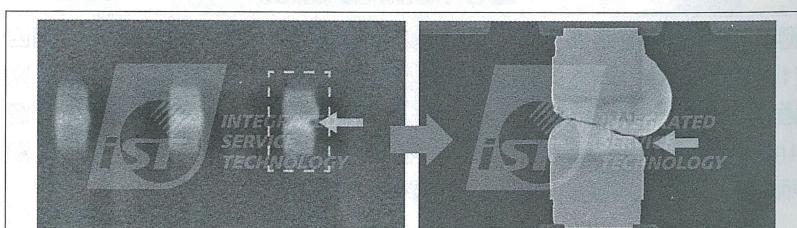


圖9 (左)X-Ray顯像，找到異常點為錫球接合異常。(右)切片後，更加確認異常原因為錫球斷裂

接合異常(圖9(左))。第三步驟「切片」，安排Plasma FIB/物性研磨進行切片，找到異常原因為錫球斷裂(圖9(右))。
(本文作者為宜特科技整合分析工程部技術經理)