

高效準確/測試覆蓋率廣

飛針測試大幅提升PCBA品質

許文豪

在AI和高效能運算(HPC)等應用蓬勃發展下，IC製造商不斷致力於研發效能強大、體積小巧的3D堆疊異質整合晶片。乘載晶片的印刷電路板(Printed Circuit Board, PCB)因此往往具有高密度、多層數的特性，整體硬體成本極高，並對電氣特性的品質具有極高的要求。

在這樣的趨勢下，半導體產業迎來了一項關鍵技術－飛針測試(Flying Probe Test)。飛針測試技術不僅可幫助IC研發工程師在PCB和印刷電路板元件(Printed Circuit Board Assembly, PCBA)階段進行初期品質檢查，還可以在可靠度應力測試後，監控元件上板品質。

飛針測試同樣適用於車用市場，尤其在需要保證產品品質、確保人身安全的情況下，車用電子製造商更願意投入成本，以確保產品一次通過驗證，避免產品意外瑕疵導致客戶退貨和召回。

本文將透過實際案例，說明飛針測試的最佳使用時機，以及它能如何幫助工程師在快速變化的半導體市場，以高效準確、測試覆蓋率廣的特點，結合數據資料分析，既提升老化測試板(Burn-In Board, BIB)品質，亦進一步提升後續可靠度實驗

的通過率。

飛針測試原理和種類

飛針測試原理

飛針測試是用於測試PCB空板，和PCBA的一種自動化測試。飛針測試使用八組獨立的機械機構，正面四軸、背面四軸，藉由精密控制的測試探針，快速自動的於XYZ軸方向移動，精準接觸到PCB上元件的引腳或接點，並透過訊號產生器、注入電壓電流、數位萬用表和頻率計數器，測試電路板和元件的連線性、電阻(Resistor)、電容(Capacitor)等電性特性，以此用來取代傳統的手動量測(圖1)。

飛針測試可分為兩大種類：

(一) BBT飛針測試

於尚未上零件的PCB空板，透過飛針導通量測，判斷每個線路之間有無開路(Open)、短路(Short)等異常，提高產品可靠度檢查，簡稱BBT(圖2)。

(二) ICT飛針測試

ICT飛針測試即在PCB已安裝元件的情況下進行的測試，這也是飛針測試應用的重點(圖3)。可精確的測量元件引腳與

焊盤間的各项電性數值，確切的區分良品、空冷焊和元件異常情況。ICT測試的範疇包括多種元件，主要有電阻、電容、二極體(Diode)、金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)、短路帽/跳線帽(Jumper)、繼電器(Relay)、穩壓器/電壓調節器(Voltage Regulator)。這種測試方式可以判斷PCB上的各個元件是否在上板過程中發生故障，提供關鍵的測試數據，有助於確保製程品質及元件功能正常運作。

飛針測試優點/應用

以下將針對ICT飛針測試，說明此服務如何在可靠度實驗階段，為工程師提供快速的測試和反饋，以縮短產品上市時間，提高競爭力。

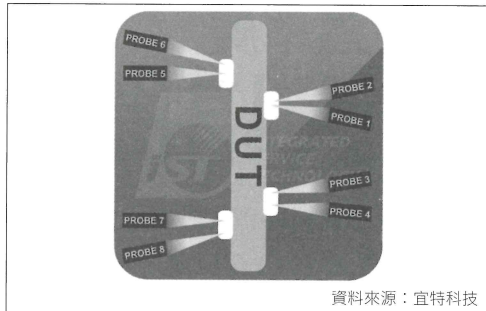
ICT飛針測試三大優點：

- 不需開模客製ICT治具

廠商如宜特建置的ICT飛針測試的程式軟體極具靈活性，能快速應對多種需求。不需要開模客製ICT治具，即可完成PCBA測試。即使當PCBA需要改版，或需要新增或減少某些被動元件時，也無需修改治具，節省時間成本及額外的成本開銷。

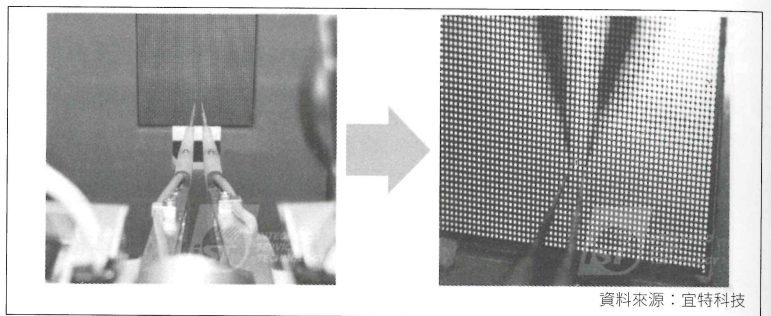
- 高覆蓋率

透過適當的測試程式和裝置設計，可實現相對高的ICT飛針覆蓋率，確保測試的全面性。特別是在PCBA的功能測試和連通性測試方面，面對硬體干涉的挑戰時，精心設計的測試程式和裝置是提高覆蓋率的關鍵。



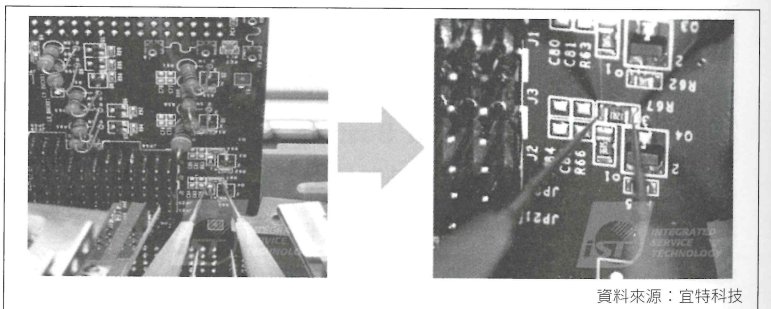
資料來源：宜特科技

圖1 飛針測試原理示意圖



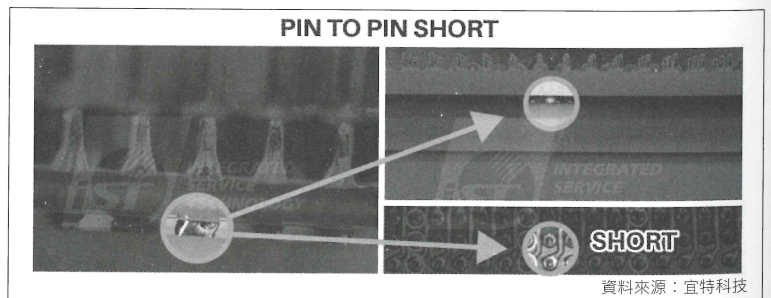
資料來源：宜特科技

圖2 BBT飛針測試



資料來源：宜特科技

圖3 ICT飛針測試



資料來源：宜特科技

圖4 肉眼難以發現的pin腳溢錫異常，運用飛針測試即可快速發現問題

• PCB變形補償機制

考量到PCB製造過程中可能產生的微量變形(Warpage)而影響飛針測試，廠商如宜特的ICT飛針測試採用雷射掃描技術，在區塊性掃描PCB板彎翹時，能夠補償探針的下針深淺度，以確保飛針測試的準確和可靠性。

飛針測試的四大使用時機：

- 生產流程中驗證元件功能

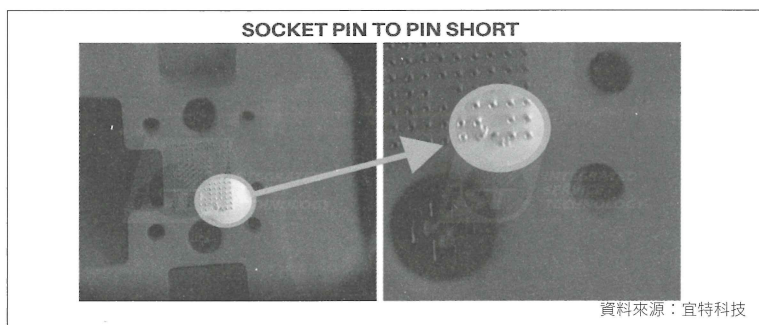


圖5 以飛針測試快速排除了PCB板材問題，找出短路真因

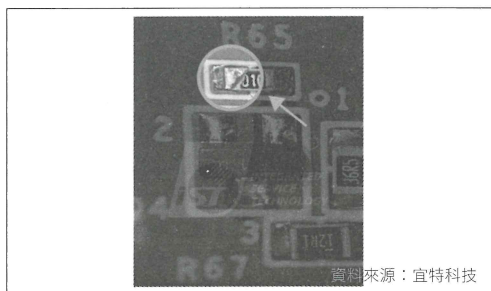


圖6 元件損壞，導致電阻值量測出現異常

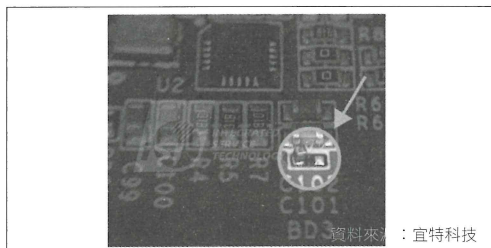


圖7 電容立碑，造成量測電容值產生異常

ICT飛針測試能夠在主被動元件表面黏著技術(Surface-mount Technology, SMT)上板後，利用上電測試、連通性測試和元件測試等測試，確保元件是否正常運作，避免將損壞或不良的元件用於實驗，亦可釐清並過濾元件上板(PCBA)的問題，提高了生產的良率，並進一步確保可靠度實驗過程的整體品質。

- 故障排除

實驗過程出現異常時，飛針測試可以協助進行上件板的故障排除。遇到零件品質有疑慮，或產品批次不同，但使用同型號實驗的板子，即可調閱實驗前飛針測試數據，比對數據差異並加以分析。此外，ICT飛針測試亦適用於返修故障板的檢查和維修。

- BIB板老化確認

經過高溫實驗一段時間後，板子及元件難免會有老化問題，可以利用比對實驗前飛針測試數據，找出老化的零件。

- 實驗流程階段

在汽車電子產品驗證中常見的板階可靠度實驗(BLR)測試，其實驗目的為評估半導體元件在SMT上板後的可靠度和耐久度。在此階段亦可運用ICT飛針測試來比對實驗前後量測數值，針對高溫、高濕、高震動等重複性高的實驗專案，ICT飛針測試能夠立即進行量測，因此較不受環境外在因素的影響而改變，可最佳化生產流程的可靠度和品質。

實際案例說明

接著將分享如何運用ICT飛針測試，找出零件上板的故障點。

Pin to Pin短路問題

當產品發現有線路短路的異常情形，需確認是PCB本身異常或是元件導致。本案例(圖4)為Pin to Pin(引腳對引腳)的短路問題，以肉眼評估，難以找出異常點，但透過飛針對PCB上的線路進行測試，即能輕易抓出哪條線路存在短路異常。相較之下，若採用人工檢測，將花費大量時間和成本，運用飛針機可快速、精準的發現問題，而後續僅需解決溢錫狀況即可。

另一起案例(圖5)為產品晶片測試插座(Socket)上的引腳發現有線路短路的異常情形，運用飛針測試排除了PCBA的異常後，最終發現了其機構件存在的問題。

被動元件損壞導致電阻量測異常

因PCBA上的被動元件損壞導致電阻異常，若以傳統方法客製ICT測試治具需耗時數天至數週。運用ICT飛針測試透過探針精確接觸待測元件上的測試點位，進而量測被動元件(電阻、電容)，即可快速發現元件數值是否異常(圖6、7)。

Jumper錯位導致導通異常

先進製程中PCBA上的電子元件通常繁雜、密集，即使僅有一顆Jumper未上件，也會導致異常(圖8、9)。在這種情況下，使用飛針進行開路和短路測試，精確的測試各個連線點之間的連通性，快速且有效的方法找出問題所在。一旦找到了開路或短路的問題點，只需補回Jumper即可解決問題，無需對整個

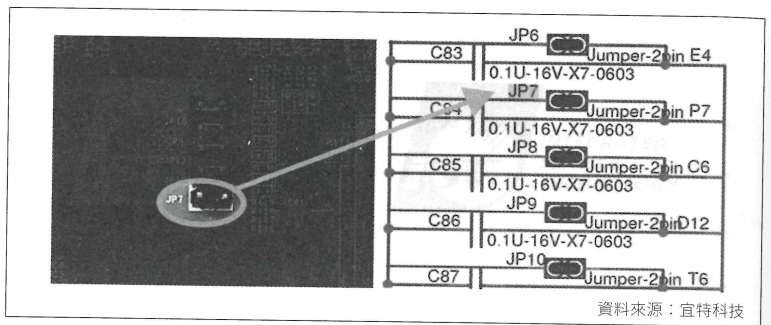


圖8 Jumper未插，導致量測導通異常

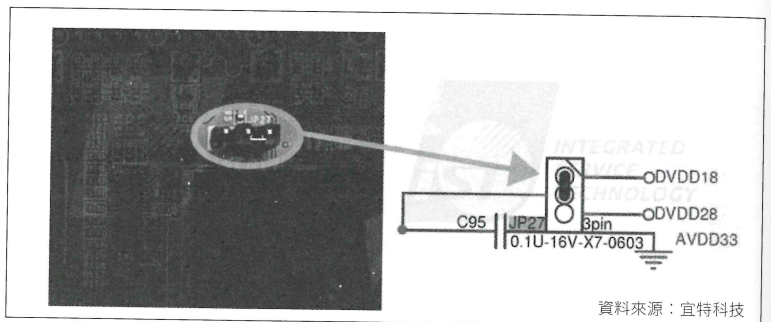


圖9 Jumper錯位，導致量測導通異常

PCBA進行大範圍的檢查，節省了時間和人力成本。

腳位空焊問題導致量測到異常電壓

以ICT飛針測試進行Voltage regulator量測時，發現導通出現異常，即可精準定位出空焊的IC腳位位置。

根據宜特可靠度實驗室觀察，隨著先進製程和新技术的不斷演進，IC堆疊技術日益成熟。在這樣的背景下，愈來愈多的消費性或車用電子IC製造商，已採用ICT飛針測試技術，發揮其高效準確和測試覆蓋率廣的特點，結合數據資料分析，有效提升了故障元件的定位率，以及後續可靠度實驗的通過率。

(本文作者任職於宜特可靠度工程處)