



車用元件驗證不馬虎

板階可靠度測試品質把關不漏接

過去，IC設計廠商通常只針對元件進行產品檢測，元件測試雖沒有問題，但組裝於印刷電路板(PCB)時，卻發生問題，以致產品必須重新檢測，不但費時、費力，更需支付額外附加成本。造成上述問題的起因，在於IC元件廠商不了解元件到封測廠或系統整合商手中時，會因封裝或黏合過程造成影響，加上本身並不製造印刷電路板，對此技術不了解，以致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(Board Level Reliability, BLR)測試應運而生，如圖1所示。

有測試實驗室如宜特科技便提供這項試驗，亦是目前消費型電子產業常規的測試項目。隨著汽車電子系統複雜度提升，更多的元件和模組被運用在汽車內，BLR遂成了車電系統的重要測試項目之一，本文將針對此測試方式進行介紹。

消費性/車用電子BLR差異性

消費性電子BLR可靠度驗證

隨著消費性電子產品所需的晶片種類增

多，為容納更多晶片並提升效能，晶片結構開始走向兩種趨勢，一是讓原有IC元件逐漸往輕、薄、短、小的趨勢發展，另一是整合眾多IC，成為功能多元的晶片，但這會讓IC元件尺寸放大好幾倍，導致封裝技術也必須隨需求而轉變，造成晶片與印刷電路板結合後的可靠度必須重新驗證。終端國際品牌大廠為管控零件品質，則會直接要求晶片供應商執行BLR測試。以手機的使用環境考量，晶片與印刷電路板結合後所須被檢視的項目中，最重要的乃機械應力與環境應力，如掉落實驗與溫度循環實驗等。

而板階可靠度在消費性產品的國際規範，可參考JEDEC B102/B103/A104/B111/B113 IPC-9701-9704/9708，或是各家終端消費型品牌大廠包含手持式產品、車用電子等類型，也都有各自訂定的客戶規範。

車用電子BLR可靠度驗證

隨著汽車電子系統的複雜度提升，更多的IC元件被運用在汽車內部，造成現今材料缺乏，車用元件上板後的焊點可靠度驗證，也就是BLR，逐步成為車電重



圖1 板階可靠度焊點強度

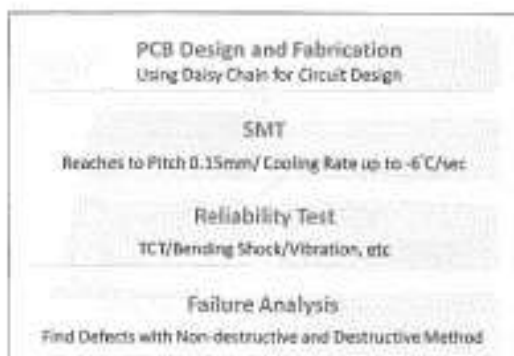


圖2 BLR試驗步驟

要測試項目之一，不僅Tier 1模組廠對此制定專屬驗證手法，AEC汽車電子協會更於2018年出爐的AEC-Q104，明確定義車用電子的板階可靠度試驗項目，雖然項目僅有溫度循環(BLR TCT)、落下(Drop)試驗，但只針對MCM(Multi-Chip Modules)，並未將較普及的封裝形式一同納入，較未能完全貼近Tier 1的客戶規範，不過這也是車用板階可靠度通用標準發展的一大步，相較於2020年車市的火熱與材料欠缺議題發生，AEC汽車電子協會是否有更進一步更新AEC-Q104，指日可待。

消費電子產品測試條件無法沿用至車用

由於這些系統模組導入車輛設計之中，車載平台使用的環境與結構大不相同，汽車在啟動後，所有晶片都會開始承受振動、機械應力與外在惡劣環境，

表1 消費型與車用BLR的規範差異

Test Item	A Company	B Company	C Company	AEC-Q104	EDDC
RTC TMCL	-40~125°C @ 2,000cyc t=4,000cyc - 30 mins. Dwell time - Dual chamber (Air to Air)	-40~125°C, @min. 2,000 cyc - 10 mins. dwell time 10 x ΔT/W ≤ 20 K/min.	-40~85°C / 40~125°C @3,000cyc. - 50 mins. Dwell times. - 30 mins transfer time	Follow IPC-9701 Based on intended use environment	-40~125°C 1,000cyc Based on intended use environment
PTC	-40~105°C @ 2,500 cyc. - T on/off =5mins - 10mins./cyc	NA	NA	NA	-40~85°C -40~125°C - T on/off = 20 or 30mins. 60 or 80mins./cyc.
Vibration	- 100Hz-2,000Hz @ 5.0G PSD, RMS acceleration: 97.7m/s ² - Random Vibration + Temp. - Real chip	- 20Hz-2,000Hz @ 0.1 PSD, RMS acceleration: 580.4-818m/s ² - Sine sweep or random VIB	NA	NA	20Hz-2,000Hz sine or random
Drop	NA	- Direction C+/-C : - 1,000G, 1.4ms	- Direction C- - 1,500G, 0.5ms, 90 drop	- Direction C- - 1,500G, 0.5ms, 30drop	- Direction C- - 1,500G, 0.5ms, 30drop
Bending	- Deflection d=1mm,20sec - Bend to fail	NA	- Displacement d=2.0mm, 100cyc. - Displacement d=4.0mm, 100cyc.	NA	- Deflection d=2mm, 200x times of Bend to fail.

若使用消費型電子產品測試條件後，在真實環境可能會發生早夭現象。有測試實驗室如宜特便以JEDEC和AEC-Q與常見的客戶規範進行比較，如表1所示。

板階可靠度測試流程

在正式進入板階可靠度BLR測試之前，必須先經過測試版的設計、製作、SMT組裝等；在試驗後，更需進行故障分析，找到失效位置，進而計算出產品壽命，各項流程與步驟如圖2所示。

第一步驟：PCB測試版設計與製作

BLR測試就是為了解元件上板後的焊點品質，首先需要進行菊花鍊(Daisy Chain)設計，如圖3所示，將待測樣品元件與電路板連結的各個焊點形成網路，藉此即時監控每個焊點良率，可有效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，有效防止不可預知的異常狀況。

測試實驗室便提供符合JEDEC/IPC規範的PCB測試版，如圖4所示，亦可提供特殊設計的印刷電路板，讓IC可直接在模擬系統廠商的PCB板上測試，有效防止不可預知的異常狀況。

第二步驟：SMT表面黏著製程

表面黏著(SMT)製程是BLR測試的第二關卡，將元件上板至測試版。而IC黏著在模擬PCB上的品質好壞，將直接影響到產品壽命判斷精準度，其關鍵因素包括錫膏特性、印刷條件設定(如脫模間距/脫模時間/印刷速度)、置件精準度、銅板選

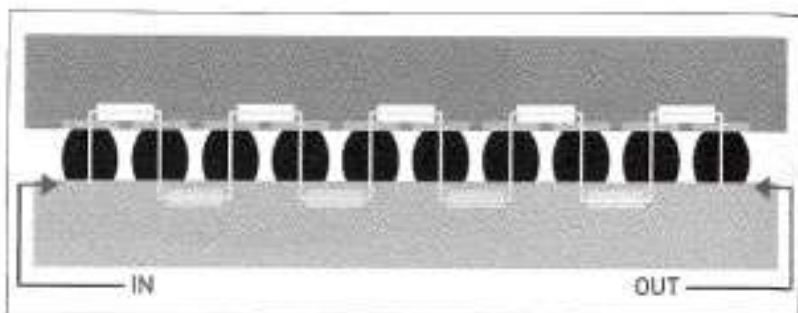


圖3 Daisy Chain設計

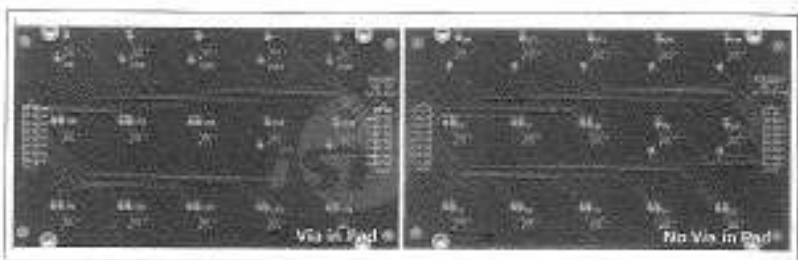


圖4 符合JEDEC/IPC規範的PCB測試版

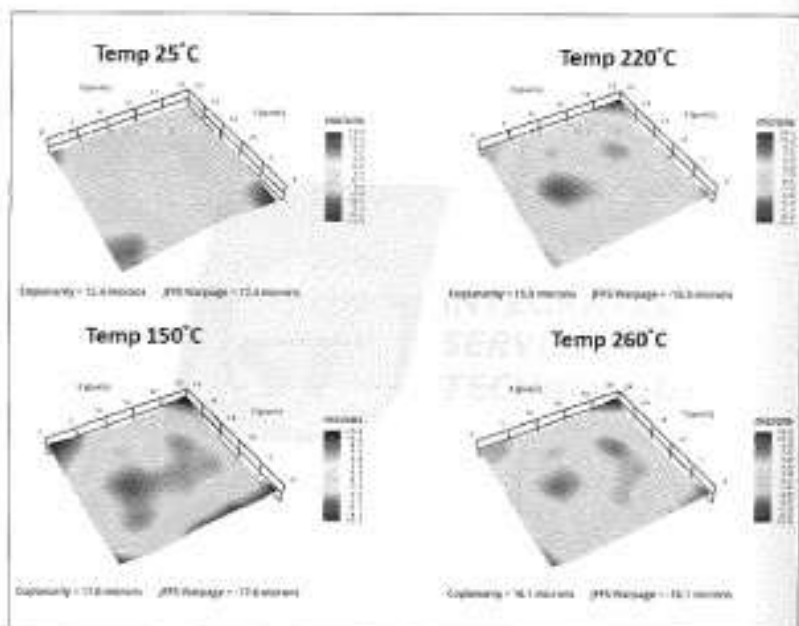


圖5 模擬溫度循環環境，觀察產品在每個溫度會達到最大的變形量

擇。

在SMT後，就是透過X-ray或超音波檢查迴焊(Reflow)品質，確認錫球黏著狀況。為了有效進行RA，建議在SMT之前，先進行元件與PCB來模擬翹曲的程



圖6 經過機械衝擊試驗高速衝擊，藉由Cross-section檢測，發現樣品材料內部受不了衝擊，進而錫球接合位置產生裂縫，如藍箭頭所示



圖7 經過溫度循環，長時間熱漲冷縮後，藉由Cross-section檢測，發現樣品材料產生裂痕如藍箭頭所示

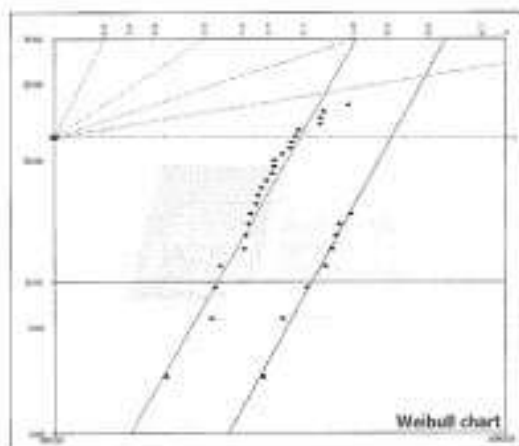


圖8 材料一(藍線)： $\eta = 3,506$ cycles；材料二(黑線)： $\eta = 5,586$ cycles

度，再去調整SMT的參數設定，確保過程中有良好的焊接品質，如此可避免因不

良焊接品質影響可靠度驗證，以及不必要的成本開銷。

量測分析的速度非常快，約一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，觀察產品在哪個溫度會達到最大的變形量，如圖5所示，並能在測試中思考如何改善與預防。

第三步驟：正式進入可靠度試驗

BLR試驗主要分為兩大項目，包括低應變率試驗與高應變率試驗；這兩大項目又細分好幾項試驗，其目的在於試驗不同情況之下與測試版連接的焊點強度。

· 低應變率試驗(Low Strain Rate Test)

意指較低、較慢的變化，也就是所謂的耐久性試驗，包括溫度循環/溫度衝擊試驗(Temperature Cycle Test, TCT)、板彎/彎曲試驗(Bending)等。

· 高應變率(High Strain Rate Test)

意指樣品在短時間內遭受劇烈變化，包括機械衝擊試驗(Mechanical Shock)、振動試驗(Vibration)等。

第四步驟：整合故障分析

當元件上板後，進行一系列的可靠度驗證，產品失效時，透過板階整合故障分析能快速將失效介面找出，將協助釐清原因，能快速改版，重新驗證，以讓產品通過驗證並如期上市，透過板階整合故障分析來定位，找出失效介面的方式包括：

· X射線檢測(2D&3D X-ray)

以非破壞的方式確認產品在測試後，是否有介面異常超音波掃描(SAT)；以非破

表2 落下測試試驗條件

Service Condition	Acceleration Peak	Pulse duration	Velocity Change		Equivalent Drop height	
H	2900 g	0.3 ms	543 cm/s	214 in/s	150 cm	59 inches
G	2000 g	0.4 ms	499 cm/s	198 in/s	127 cm	50 inches
B	1500 g	0.5 ms	468 cm/s	184 in/s	112 cm	44 inches
F	900 g	0.7 ms	393 cm/s	155 in/s	78.9 cm	31 inches
A	500 g	1 ms	312 cm/s	123 in/s	49.7 cm	20 inches
E	340 g	1.2 ms	255 cm/s	100 in/s	33.1 cm	13 inches
D	200 g	1.5 ms	187 cm/s	73.7 in/s	17.9 cm	7 inches
C	100 g	2 ms	125 cm/s	49.2 in/s	7.9 cm	3 inches

壞的方式，確認產品在經過BLR測試後是否有脫層。

· Thermal EMMI

藉由Thermal EMMI定位因試驗後所產生的Defect位置。

· 紅墨水試驗(Dye and Pry)

確認PCBA，檢查是否出現焊點劣化情形(Micro-crack)。

· 研磨處理服務(Cross-section)

切片檢查特定區域介面是否有異常，如圖6及圖7所示。

常見板階可靠度測試問題

經過4次溫度循環測試實驗代表意義

1,000個循環，意指一千個工作天，相當於接近三年的使用時間，所以經過1,000個循環就可以證明，保障產品至少兩年到三年的使用時間不會故障。

板階可靠度中機械衝擊試驗(落下測試)條件選擇

每一種元件會應用到的地方不盡相

同，如手機、電腦或平板上，所以能夠承受掉落高度的衝擊也不相同。以手機來說，就是以112公分來模擬從手上掉下來的高度，對應表2，相對應的條件就是Condition B 1,500G,0.5ms。

從BLR得到數據推估實際產品壽命

歷經長時間測試後，得到樣品一定數量的失效數據，進一步使用韋伯分析(Weibull)進行推估，計算該產品特徵壽命(η)，無論是在產品驗證階段或研發中的驗證，都可透過Weibull探討產品是否可以承受可靠度驗證，或已具有足夠可靠的使用壽命。

以圖8為例，縱軸為失效百分比，橫軸為測試時間，在相同的測試環境與測試時間中，就明顯發現兩者大幅落差2,000循環的特徵壽命，單單只是更換一種材料就造成如此巨大的改變，由此可見，在可靠度測試中材料的選擇與應用非常重要，些微的前段差異可能就會導致後段重大的落差。

(本文由宜特科技提供)