

車用IC可靠度驗證再進化

AEC-Q100改版強化安全/穩定性

● 吳欣怡

近年來新能源車輛，包括油電混合車和純電動車迅速普及。儘管車市近期遇到了一些逆風，比如特斯拉的財報下滑以及美國汽車製造商的大罷工，甚至有製造商萌生出減緩發展電動車的考慮。但從長期來看，電動車仍是不可忽視的大趨勢。

這一趨勢得益於現代消費者不再僅滿足於車輛的基本功能，期望汽車能搭載更先進的技術，如聯網、自動駕駛、共享服務和電池動力等創新功能。這促使汽車製造商積極回應未來的智慧汽車趨勢，對於車用電子元件亦日益重視，不僅要求功能安全，還要經過一連串嚴格的可靠度測試，以確保產品在安裝之前無故障或損壞，來滿足新興汽車市場的需求。

為了確保車用元件的可靠度，車規AEC-Q100釋出最新改版。汽車電子委員會(Automotive Electronics Council-AEC)近幾年頒布AEC-Q六大系列標準。而本文將聚焦於2023年10月AEC宣布的AEC-Q100改版內容，從三大面向探討從Version H改版至Version J，有哪些主要差異。

對特定製程與封裝進行定義

目前車用半導體元件應用製程，多數為28奈米以上的成熟製程，只有少數車用晶片，如先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)等相關應用，則採用14奈米以下的製程。隨著車輛需要處理龐大的數據和資訊回饋，傳統封裝形式如QFP(Quad Flat Package)，已無法完全滿足車用高效能晶片，例如微控制器(MCU)和高效能運算(HPC)等的需求。因此，球柵陣列(Ball Grid Array, BGA)和覆晶球柵陣列(Flip-Chip Ball Grid Array, FC-BGA)等封裝的應用變得更加廣泛(圖1)。

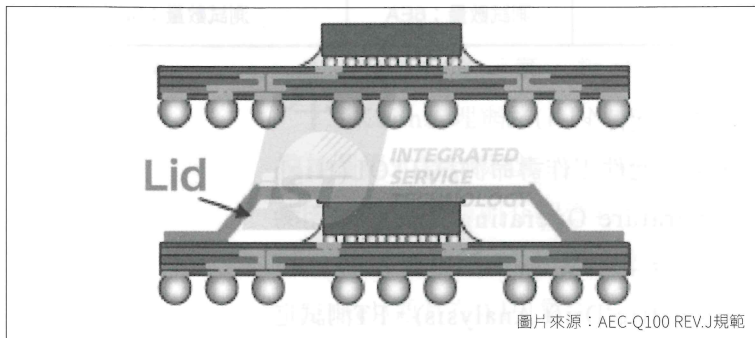
然而，在上一版AEC-Q100 H版的規範中，並未針對製程與特定封裝形式詳細規範。此次改版，AEC-Q100特別針對28奈米製程、RF頻率元件的ESD耐受程度，以及FC-BGA封裝測試皆進行了定義，以確保這些元件在汽車應用中的可靠性。

此外，為了全面滿足FC-BGA產品的要求，當考慮列入家族產品(Family Product)時，亦新增定義了有關覆晶封裝特定屬性應考慮的衡量準則。值得注意的是，裸晶片產品(Bare Die)和WLCSP(Wafer Level

Chip Scale Packaging)不包括在這些屬性清單的範圍內。

對故障分析與Mission Profile 應對建議

當車用電子元件在AEC-Q100驗證過程

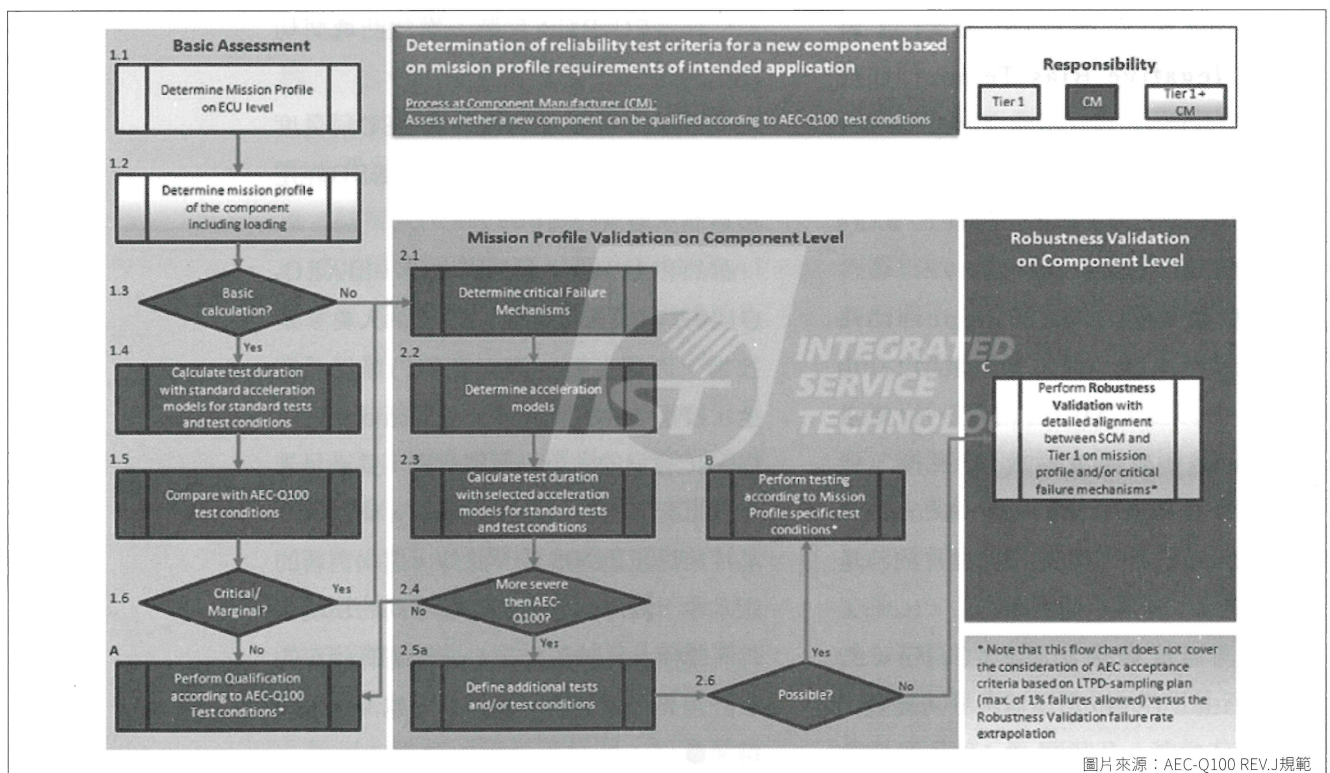


圖片來源：AEC-Q100 REV.J規範

圖1 覆晶球柵陣列封裝(Flip-Chip BGA Package)的代表圖示

中發生異常、故障時，是否要一切重頭來過，是產品開發人員常見的困惑。J版規範提及可以有效地透過8D Report(Eight Discipline Methodology，參照JESD 671，JESD為JEDEC所發布的標準)進行故障分析，並建立適當的改善流程，針對改善措施加以驗證並追蹤後續，證明改善措施的有效性及其正確性。

一旦異常點獲得解決，接下來要確保車用電子元件，未來能夠在各種複雜和潛在故障事件發生的情況下正常運作，並在預計的使用壽命內(通常是10到15年)維持產品性能。為實現這一目標，可利用Mission Profile 流程圖(圖2)，以及JESD 94註中提



圖片來源：AEC-Q100 REV.J規範

圖2 根據預期的Mission Profile要求，確定車用元件的可靠度測試流程

出的KBTM(Knowledge-Based Test Methodology)來確定適當的測試計畫，也可與終端使用者進行溝通，定義出合適的Mission Profile。

測試項目與條件的變動

AEC-Q100此次改版，對於PC(Precondition Test)、THB(Temperature Humidity Bias Test)、UHAST(Unbiased Highly Accelerated Stress Test)與SD(Solderability test)測試內容僅些微變動。而在測試項目與條件較大的變動如下：

1. 車用電子元件中使用的銅打線(Cu Wire)是否取得AEC-Q006驗證資料，已成為元件合格的強制性先決條件。

2. 晶圓級可靠度驗證項目將NBTI(Negative Bias Temperature Instability)改為BTI(Bias Temperature Instability)，以涵蓋目前CMOS技術的NBTI和PBTI(Positive Bias Temperature Instability)。

3. 溫度循環測試TCT(Temperature Cycling)Grade 0測試循環數由2,000個循環下修至1,500個循環，並要求TCT(包括所有溫度等級)結束後，要執行超音波掃瞄(Scanning Acoustic Tomography, SAT檢測)確認晶片內部是否脫層。

4. 電源溫度循環測試PTC(Power Temperature Cycling)僅適用於功耗變化 ≥ 1 瓦，且功率上升時間 < 0.1 秒，預期會導致結溫 T_j (Junction Temperature)變化

表1 此次改版亦特別針對28奈米與RF晶片對ESD的耐受度進行增修(見灰字)

ESD測試	AEC-Q100 REV. H	AEC-Q100 REV. J
HBM	2KV	2KV & For $\leq 28m$ or RF IC 1KV
CDM	Corner pins 750V, All other pins 500V	Corner pins 750V, All other pins 500V & For $\leq 28m$ or RF IC 250V
LU	測試數量：6EA	測試數量：3EA

資料來源：宜特科技

$\geq 40^\circ\text{C}$ 的元件。

5. 對於元件工作壽命測試HTOL(High Temperature Operating Life)在適用的狀況下，需對電氣參數進行漂移分析(Parametric Drift Analysis)，FT測試定義順序為Room→Cold→Hot可替代為Room→Hot→Cold。

6. 針對FC-BGA封裝，增加凸塊剪切(Bump Shear Test, BST)測項。

7. 因應28奈米與RF晶片對ESD耐受度有別於一般車用晶片，修改了ESD靜電放電測試要求(表1)。

雖然和上一版本已相隔九年，但AEC-Q100此次並未大幅度改版或納入更多新技術。原因在於，汽車產業仍需以「安全、技術成熟」為導向。然而廠商如宜特由AEC會員的角色仍可觀察到，為滿足未來汽車智慧化和電動化的需求，高階車用晶片市場正迅速成長。此外，這次更新的版本中，團隊也意識到隨著不同的環境條件，車用晶片的工作壽命週期需有相應的設計差異，這個觀念變得越來越深刻且關鍵。

(本文作者為宜特科技可靠度工程處技術經理)