

第四章 研究方法

本論文主要是探討真實晶片(real IC)藉 ACF 與軟膜接合之封裝結構體，其在不同溫溼環境作用下之剪切強度變化，與電性變化之量測，並利用及時量測之方式，觀察力量與電性間之關係；此外，並對此封裝結構之抗彎曲能力與彎曲壽命作一測試。

實驗規劃分為剪力與彎矩測試，流程步驟如圖 4-1~2 所示。

4-1 儀器設備

本研究所使用的實驗儀器如下：

1. Instron-8848 微拉伸試驗機
2. 恆溫恆溼測試機
3. 溫度控制烘箱
4. 溫度/溼度控制箱
5. 溫度循環試驗機
6. 可程式歐姆計
7. 光學金相顯微鏡
8. 研磨/拋光機
9. 超音波洗淨器



以下分別作介紹。

4-1.1 Instron-8848 微拉伸試驗機

本機台主要是提供機械性質測試時，力量與位移的控制與量測，如圖 4-3 所示；測試時，試片以夾具挾持置於荷重元上保持靜止如圖 4-4 所示，推頭夾持於致動器端進行上下運動，可依不同試驗之需求，更換不同之夾置具；機台規格如下：

1. 行程範圍：110 mm
2. 位移量測解析度： $\pm 0.5\%$ （在小於全範圍 1/50 的情況下）
3. 速度精確度： $\pm 0.1\%$ （超過 100 mm 靜態量測下）
4. 負載範圍： $\pm 1\text{kN}$
5. 荷重元精確度：5g
6. 荷重元解析度：0.4g
7. 測試速度範圍：0.001~1000 mm/min

4-1.2 恆溫恆溼測試機

本機器是由乾、溼球溫度感測器分別量測溫度後，經控制程式運算出烘箱中溫度及溼度，因此只需在一開始輸入我們所須之溫、溼度值，控制器即會利用風扇自行調整箱內環境，從開機到達所設定的參數值（溫度 85°C 、相對溼度 85%）約需 40 分鐘，溫度誤差在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 內，溼度誤差約為 $\pm 5\%$ ，本機器之操作溫度範圍為 $5\sim 95^{\circ}\text{C}$ ；溼度範圍為 0~100%，如圖 4-5 所示。

4-1.3 溫度控制烘箱

此機器主要是利用風扇將電熱絲所產生之熱量傳至整個烘箱中，使箱內溫度均勻分佈，提供試片受等溫時效作用之環境，溫度誤差在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 內，如圖 4-6 所示。

4-1.4 溫度/溼度控制箱

此烘箱主要是搭配微拉伸試驗機使用，如圖 4-7 所示，以控制試片在測試狀態當下的環境條件，溫度誤差在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 內。

4-1.5 溫度循環試驗機

在單一槽中以冷熱空氣交替加熱或冷卻試片，模擬電子元件在使用狀態下的溫度變化情形，實驗所用機器如圖 4-8 所示，其所允許使用之溫度範圍為 $180^{\circ}\text{C}\sim-70^{\circ}\text{C}$ ，溫度控制精確度在 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 內，溫度均勻度在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 內。

4-1.6 可程式歐姆計

本電阻計是利用四接點(如圖 4-9)與標準 RS-232 介面，可連接至電腦遠端監測、記錄與操作，在 $2\sim 20\text{K}\Omega$ 之範圍內，其誤差在 $\pm 0.05\% \text{rdg} \pm 7 \text{dgt}$ ，最快取樣頻率 10 次/秒；在本實驗中，搭配按鍵小精靈程式之情況下，選擇取樣頻率為 5 次/秒。

4-1.7 光學金相顯微鏡

將已失效或未失效之試片，經冷鑲埋及研磨拋光處理後，藉外加光源照射試片表面，再經此機台放大試片破斷狀態之影像，並藉由電荷耦合元件（charge coupled device，CCD）擷取所需影像。

4-1.8 研磨/拋光機

經鑲埋過的試片，輕壓於本機旋轉盤上，藉不同轉速和轉盤上不同粗糙度的研磨墊來研磨及拋光，以取得所需觀察之截面，如圖 4-10 所示。

4-1.9 超音波洗淨器

本儀器主要用來清洗鋁基板及經過研磨拋光過的試片，確保其表面無髒汙雜質殘留，如圖 4-11 所示。

4-2 試片製作與規格

試片是工研院電子所提供之真實晶片，長寬高分別為 2.92 mm、10.86 mm及 0.67 mm，利用ACF（玻璃轉換溫度 T_g ：125°C、導電粒子密度： $1.5 \times 10^6/\text{mm}^3$ 、導電顆粒直徑： $5\mu\text{m}$ 、導電顆粒中央為樹酯外面電鍍鎳/金、其餘相關性質參照表 4-1），在 190°C、122MPa作用 10 秒後，和PI基板接合，此製程為工研院電子所針對此膠材用在此種基板與晶片間的最佳化參數，[28]，晶片線路之規格如圖 4-12~15，而凸塊規格如下列[工研院提供]：

Bump Size：56 μm x 114 μm (for input side，110Bumps)

Distance from IC's edge to bump: 80um

50 μm x 108 μm (for output side，214Bumps)

Distance from IC's edge to bump: 50um

Bump Pitch：90 μm (for input side)

70 μm (for output side)

Bump Height：17 μm TYP

Bump Material：Au

為了使試片能固定在夾具上實驗，在作剪力測試時，必須將其以膠材黏貼於 0.5 mm厚之薄鋁板上；在彎矩測試的部分，為了使基板能夠有效的產生曲度，而選用高分子底板，除此之外，另外並將晶片導出之測試線路銲接電線連出，以在實驗過程中及時監控其線路阻值之變化情形，所監控的點為 A 及 C，分別代表編號 25 及 99/100 之凸塊，選擇這兩點的原因是因為其位置較為外側，較易發生破壞。

4-3 實驗方法

實驗主要分為兩個部分，分別為剪力與彎矩測試，試片失效破壞的準則，在剪力測試時有分機械上的破壞和電性上的破壞；在彎矩測試時，則只考慮電性的失效。所謂機械破壞是指試片晶片和基板間有剝離的現象發生，如圖 4-16 所示，使剪力強度明顯降低，而量得的力量最大值為試片之剪力強度；而電性失效是指量測的電阻值超過 20 歐姆或是訊號無法經由電阻計偵測的情形，這代表電子訊號無法有效的在線路間傳遞，晶片失去原有運作之功能。為保證實驗數據之準確度與重現性，每個條件試片數至少五個，有效試片數至少三個。

選擇剪力測試的主因，乃因封裝結構體在受熱作用下，由文獻[16]證實，其變形主要受剪力主導，並有別於撥剝離測試（peel test）之施力方式。



4-3.1 剪力測試

這部份的試片有兩種，其一為只有凸塊本身做接合的試片，另一種為用 ACF 作接合的試片。前者主要是探討不同金屬凸塊相接合，其剪力強度之差異，與和 ACF 強度間的差異性，使用的凸塊種類分別為金/金與金/錫；而以 ACF 作接合的試片，為本篇主要討論的試片。

本實驗是使試片受高溫環境、高溫高溼及溫度循環等三種不同環境作用後，對其剪力強度及電阻值變化的影響，但由於現階段並無專門針對 ACF 所訂定的測試規範，因此實驗之條件參數為參考鉅錫測試之規範。高溫環境分別是遭受 70°C、100°C 及 150°C 三種不同溫度等級烘烤，並分別在經歷 50、100、250、500 及 1000 小時後，在室溫下作量測；高溫高溼測試則是將試片置於溫度 85°C 相對溼度 85% 的環境條件下[31、34]，試片測試的時間點如同高溫環境；溫度循環

試驗是將試片從室溫加熱到 125°C 並持溫 10 分鐘後，再冷卻至 -40°C，同樣的持溫 10 分鐘，之後再加溫至室溫，如此冷熱交替為一循環，每一循環總時間約需一小時[31、35]，如圖 4-17 所示，試片分別在受 50、100、200、300 及 500 次循環時拿出來作測試。待測試片先以 CN 膠粘貼於鋁板上，並給予適當之壓力，確保試片能和鋁板緊密接合，之後在於圖 4-14 上的 (A) 與 (C) 兩點鐸上線路，將線路與電阻計相接，以便在實驗過程中，做阻值的即時量測。

依據規範[36~38]，剪力測試之推頭高度應小於三分之一晶片高度，如圖 4-18，規範所定義[36]及圖 4-18 實驗時狀態，並使推面和晶片保持平行，以避免推力對晶片產生旋轉力矩，或對晶片部分區域產生應力集中之現象，而在本實驗中，推頭和基板間高度定在 50~70 μm ，約為晶片高度的十分之一，剪力推刀進給速度 1 mm/min[14、21、24、39]。



4-3.2 彎矩測試

本試驗主要之目的在測試軟膜和晶片以 ACF 的接合方式，其抗彎曲之能力。因為軟膜的其中一項特性就是可撓性。首先將試片以 CN 膠黏貼於薄的印刷電路板上，藉由印刷電路板提供 PI 膜在彎矩測試中，所需的曲率與支撐力，實驗是採用四點彎矩 (four-point bending) 壓壓方式，夾具規格分別為上夾具支點間距 16 mm，下夾具支點間距為 40 mm，以避免支點直接壓在晶片上，使晶片和軟膜接合的部分在實驗過程中只受到純彎矩力 (pure bending) 之作用，如圖 4-19 所示，整體實驗架設如圖 4-20，另外設定振幅比 (amplitude ratio, R) 為 0.1，以確保試片在受疲勞試驗過程中，不會因為基板的變形而改變既定之曲率。

實驗首先是以 3 mm/min 的速率測試試片最大可彎曲值，最大彎曲值的判定為訊號無法量測或是電阻值超過 20 歐姆。彎矩疲勞測試部份，在考量到機器效能與測試時間下，將試片置於溫度控制的測試環境下，分別選擇室溫、晶片工作溫度 60°C 與 80°C，以模擬晶片在運作下之溫度，並分別以 0.25Hz 與 2.5Hz 這兩種頻率作其疲勞測試時的頻率，而疲勞振幅之大小與範圍，得視最大彎曲幅度而定，另外觀察其破壞模式間的差異性；另外再選取 140°C，測試其彎曲疲勞壽命值在溫度超過玻璃轉換溫度時，在其他測試參數不變的情況下，其破壞機制與壽命值的變化情形，以探討頻率與溫度對試片彎曲疲勞壽命之影響，試片疲勞失效的依據為接觸電阻值超過 20 歐姆或是無法量測。

