捲帶式封裝之內引腳壓焊的熱機械性質分析與可靠度評估

◆楊志輝* 賈中和**

飛信半導體公司

品管暨技術處

*處長 **主任工程師

摘 要

捲帶式封裝(Tape Carrier Package; TCP)的引腳接合是採用捲帶自動粘合(Tape Automated Bonding; TAB)技術以取代傳統打線(Wire Bonding)方式的一種封裝方式。
利用捲帶自動粘合之內引腳接合(Inner Lead Bonding; ILB)的接點，
是經由晶片凸塊與內引腳對位熱壓合成在軟膠基板上以形成一共金接點，
其主要是提供晶片和捲帶基板之間的電氣通路和機械支撐。
隨著元件輕薄短小之要求，捲帶式封裝的內引腳接合技術也面臨向高腳數(High I/O)和細間距(Fine Pitch)的設計製程挑戰，
即基板引腳之設計及製造、長金凸塊(Bump)、內引腳接合、冶金及封膠、測試等製程挑戰。由於細間距內引腳接合精密度要求較高，
使得對材料的選取和設計參數對TCP製程有極大的影響。
因此TCP產品在細間距ILB設計時，必須對捲帶引腳尺寸設計、長金凸塊、
接合應力及溫度等參數進行優化(Optimization)分析，
使得ILB接點具有良好的電信和機械結合度並具有足夠的可靠度。
本文主要針對高腳數、細間距捲帶式封裝之內引腳接合技術應用進行探討，
並利用數值模擬和對TCP產品的設計參數之可靠度分析進行驗證。

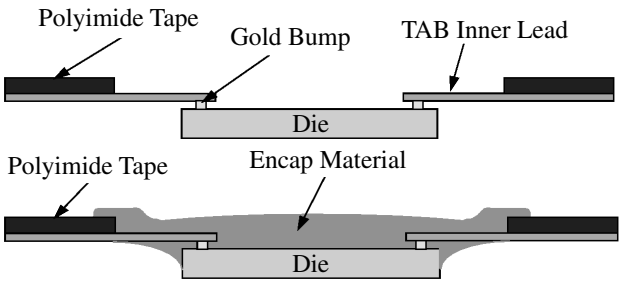
關 鍵 詞

捲帶式封裝(Tape Carrier Package; TCP)；捲帶自動粘合(Tape Automated Bonding; TAB)；內引腳接合(Inner Lead Bonding; ILB)；金凸塊(Gold Bump) ；集團接合(Gang Bonding)。

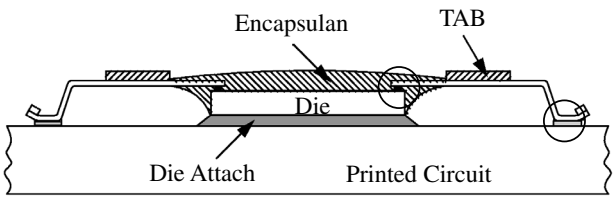
前言

圖一所示之捲帶式封裝(TCP)技術，源於1968年美國奇異公司利用捲帶自動粘合技術發展出的一種IC封裝方式。捲帶式封裝元件具有非常輕薄特性，極適合應用於對高度、腳數和重量有極嚴苛要求的可移動式電子產品。在捲帶式封裝中，保護晶體和內引腳接點主要是靠樹脂覆蓋薄層，以點膠(Potting)方式得到密封膠囊。圖二所示捲帶式封裝中的捲帶自動粘合技術，主要包含有內引腳接合(Inner Lead Bonding; ILB)和外引腳接合(Outer Lead Bonding; OLB)二個步驟，其中內引腳接合被定義為第一階連接(First Level Interconnection)，其接點主要為連接內引腳尖端和晶體上的凸塊。外引腳接合即所謂第二階連接，是為連接TCP和基板或印刷板的接點。一般而言，內引腳和凸塊之壓焊接點的金屬組合可以有不同的選擇，例如有金/金、金/錫、錫/焊料等。目前大部分TAB使用者多設計用長金凸塊(Gold Bump)為內引腳接合的材料，因其具有良好的導電性和接觸容易等特性。內引腳壓合的形式可採用單點接合(Single-point Bonding)或集團接合(Gang Bonding)方式進行。集團接合方式優於單點接合的最大特點，是其個別內引腳可在同一時間接合達到量產最大的效益。

接合壓頭(Bond Tool)是配有溫度、壓力和超音波能量或雷射以熱壓形式輸出設備。大多數的集團接合壓頭是採用依據一定程式設計的溫度、壓力和時間之熱壓形式輸出。相對地，集團接合對晶體長金凸塊高度的整齊性、捲帶引腳的平整度要求精度較單點接合方式來得高，尤其是對接合面積較大而細間距引腳的接合製程。



資料來源：Intel Corp.
▲圖一　捲帶式封裝內引腳接合與封裝



▲圖二　捲帶式封裝中的內引腳接合和外引腳接合

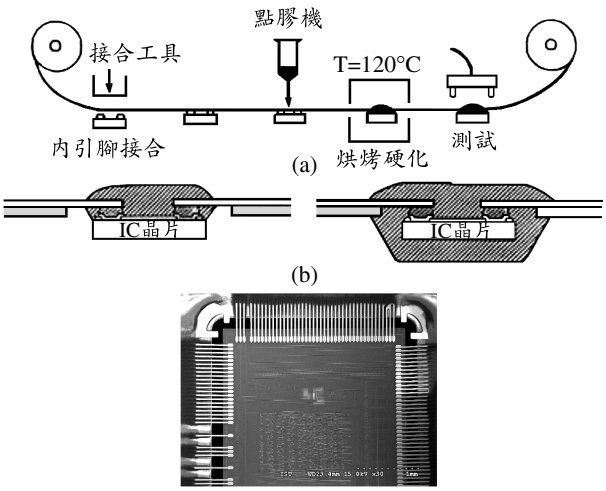
內引腳接合定位

在內引腳接合過程中，晶體是置放於TAB捲帶下面，亦即樑狀引腳的下方。不論是以何種方式進行引腳壓合，在接合之前，個別引腳尖端必須與晶體表面的凸塊精確相對應，以得到最佳晶體與捲帶之間的金屬接合接點。集團接合方式的優點在於無論引腳數目多少，其壓合時間是固定的，但是對高I/O腳數的TCP或許需要較長定位時間。集團接合方式為目前最為普遍應用的接合方式，但為求得最大量產、最高良率和可靠度，內引腳接合過程必須注意到下列幾項要求[1]。

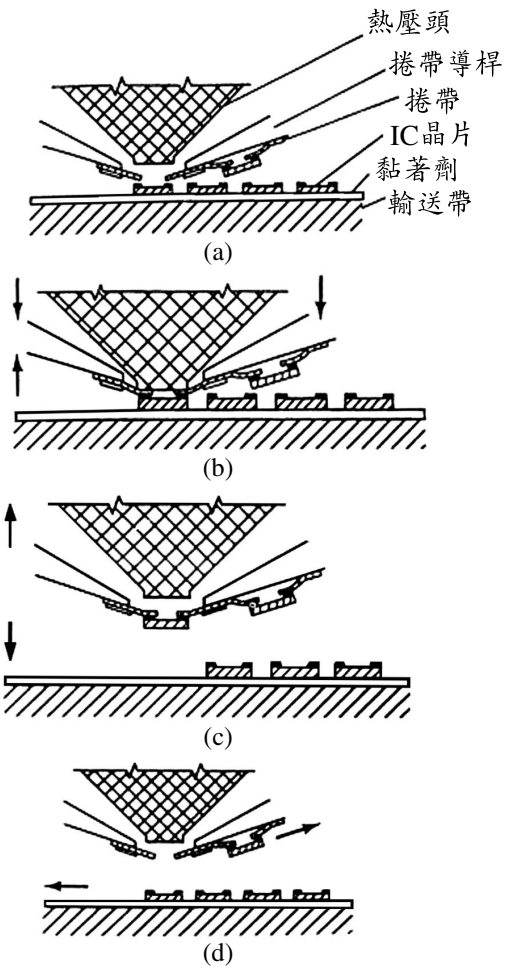
●如何維持每一內引腳和相對應的晶體凸塊定位之精準性。

●如何避免在接合過程中，因為結合材料的流動形成與鄰近引腳發生橋接而造成的電氣短路。

●如何避免因為壓合應力過大造成



▲圖三　利用捲帶自動粘合技術之晶體捲帶式封裝的內引腳接合形式實體與示意圖



資料來源：Intel Corp.
▲圖四　內引腳接合技術之示意圖

晶體的Passivation層、凸塊或引腳的斷裂損傷。

●如何證明TCP所有內引腳能有足夠的接合力，亦即TCP在作破壞性拉力試驗時，所有引腳的斷裂是唯一發生破壞形式。

●如果是鍍錫引腳，必須觀察內引腳與晶體凸塊有良好的沾性(Wetting)。

除捲帶引腳設計外，接合設備適當的設置與操作是極為關鍵的一環，因為施加不當的壓合參數對產品接點的良率和可靠度有極大的影響。尤其是較大晶體尺寸和細間距的TCP元件，製程參數的設定與控制變得愈加重要。其困難度是在於受到不同溫度與壓力不均勻變化的影響，如何保持高腳數、細間距晶體凸塊、引腳和接合壓頭之間的定位和平整性。如果內引腳和晶體凸塊的定位不夠精準，將會引起一邊凸塊承受過大應力甚至造成晶體下層結構的碎裂[2]。圖三所示為一典型利用捲帶自動粘合技術之晶體捲帶式封裝的內引腳接合形式示意圖。

共面性控制(Coplanarity Control)

捲帶內引腳、晶體凸塊和接合壓頭之間的共面性對利用集團熱壓接合方式所形成接點的良率與可靠度而言非常重要（如圖四所示），其共面性主要是受到溫度和壓力參數的影響。

對較大截面積之集團接合方式的製程因為受溫度梯度分佈影響而出現壓合面的不共面，進而影響到前述引腳定位的精確度，尤其對細間距引腳TCP的影響甚巨。雖然金凸塊的變形可提供一定程度壓合面共面誤差容忍度和承受

一定的接合應力分佈，但是共面性控制的好壞對接合力學機制有極為重要的影響。共面性的誤差過大會造成接合應力分佈不均，而產生部分凸塊由於受到過大接合應力，而發生晶體下層結構損傷，而部分凸塊卻因為沒有足夠壓合應力而發生不良接合或未接觸現象，這情形會使得同一元件內引腳接點的品質有極大的差異性。共面性的要求會隨著元件尺寸大小和製程有所不同，據文獻報告對一般5×5mm^{2}晶體而言，其共面性允許值約為±1μm，而對12.7×12.7mm^{2}晶體則為±4μm[1,3,4]。共面性的控制主要取決於接合壓頭截面於不同溫度下的平整度和溫度分佈。接合壓頭表面的平整度會因為材料的熱膨脹係數對不同壓合溫度的設定而有不同程度的翹曲，據文獻報告，其範圍可從5×5 mm^{2}壓頭之翹曲量1.5μm到12.7×12.7 mm^{2}壓頭的0.96μm翹曲量。目前有許多的方式可以量測壓頭的平整度，例如將壓頭適當地下壓至一定位移量，晶體的凸塊變形即可反映出壓頭的平整性，當然其中也包括了設備設定的平整性誤差。另一方式是利用光學或雷射干涉方式，量測壓頭表面於不同溫度下的干涉條紋以求得翹曲量。注意壓頭的翹曲量和形狀會隨著不同接合溫度設定而改變。壓頭所需溫度有二種供應形式，即脈衝形式(Pulsed Heat)和常溫(Constant Heat)形式，不管是屬那一種供給形式，必須確定在接合過程中保持溫度的均勻性。一般而言，壓頭中心至晶體角落的最大溫差可達到40°C[5]。

ILB金屬共金(Metallurgical)形式

由於有不同的電氣系統設計要求，使得對內引腳接合的金屬共金(Metallurgical)的型態和接合方式也會有不同選擇與考量。依據接合材料選取和接合方式之不同，目前有下列幾種共金形式：

●鍍錫銅材質引腳和金凸塊的接合形式

●鍍金銅材質引腳和金凸塊的接合形式

●鍍錫銅材質引腳和焊錫凸塊的接合形式

目前大多數的TAB使用者所提供的晶體接點是以金凸塊為主，因為金具有良好的惰性和延展性，而焊錫凸塊接點多是在一些特殊的溫度及壓力考量下使用。對集團接合方式而言，內引腳採錫金共金形式所需的接合應力與溫度較低，適合一些晶體元件、材料或製程無法承受高溫和高壓的接合方法。鍍錫引腳和金凸塊共金形式又有許多優點，例如鍍錫引腳在熱壓接合過程中多呈液態狀，許多存於引腳和晶體凸塊間的不規則面可以被填充形成一弧狀或彎月形狀之錫球結構。同時金凸塊本身極柔軟，兼具有吸收部分來自壓合過程之應力。另一特點是引腳鍍錫的過程可採用浸入電解液方式完成，因此允許在捲帶引腳佈線設計時無需有電鍍巴士線結構(Bussing Structure)設計的考量，這點對佈線設計者很重要，因為這可以提供較多的佈線空間，使得對細間距引腳設計能更有效的利用佈線空間。捲帶沒有電鍍巴士線結構，當然在進行捲帶電路測試就無需有去除電鍍巴士線結構的製程。

金/金共金的引腳接合形式，主要是考慮到金是惰性元素不易腐蝕和具良好的導電性。鍍金引腳捲帶理論上是有無限長的儲存壽命，沒有類似於鍍錫引腳

表一　錫/金與金/金應用於ILB接合技術的比較

項目	錫/金	金/金
電鍍方式	沈浸	電解沈積
電鍍費用	較低	較高
電鍍巴士結構	無	需要
捲帶儲存壽命	短	長
接合力	較低	較高
接合溫度	較低	較高
錫鬚	有可能	無
表面氧化	有可能	惰性
接合金屬冶金特性	金	連續均質
順柔性	錫金	金凸塊

對庫存盤點的要求。金/金共金形式是屬於同一金屬材料性質的均質接合，沒有類似錫/金共晶(Eutectic)合金之金屬間層(Intermetallic Layer)存在，其連續均質接合特性可以增加其導電性和可靠度。表一列出錫/金與金/金應用於ILB接合技術的比較。

設計及接合參數

在進行捲帶內引腳的接合過程中，引腳接合於瞬間加熱和冷卻速率的接合力學機制是相當的動態複雜，所產生的接合結構也具相當高的變異性。如何於一量產製程中得到一重複性、可靠度高的設計及接合參數是極為重要的一環，即是對捲帶引腳的設計、接合壓力、溫度和晶體凸塊等考量。ILB的製程優化程度受到所使用材料、引腳設計和接合參數的變化影響極大，任意變動其中一個或數個設定參數對ILB製程的重覆性及接點的可靠度會有意想不到的結果。表二列出材料及設計參數於ILB製程的一般要求與考量，其中對凸塊和內引腳的設計參數是主要討論變數。

一、凸塊設計參數

晶體的鍍金厚度大約是在1 mil高度，在一片Wafer上的平均長金凸塊高度可以在一定變動範圍內，並不會影響ILB的製程，但在同一晶體的金凸塊高度必須嚴格控制在16~30 μm範圍，若誤差在±2 μm以內，尚可得到良好的內引腳接合之接點[6]。要得到良好的內引腳接合度，金屬凸塊的硬度必須能提供足夠的柔軟度，允許所有的內引腳都能與凸塊接觸，且有效的均勻分佈來自接合壓頭的應力。一般建議金屬凸塊的硬度在35~45 KHN (Knoop Hardness Number)之間或45~60 VHN (Vickers Hardness Number)之間，可以得到最好品質及可靠度的接點。注意不良的凸塊和Via設計會導致矽晶體和Passivation層的破壞損傷，因為凸塊和Via設計與晶體的下層結構極為相關，一般凸塊設計原則為與鋁墊共軸中心至少內縮10%的面積範圍，Via尺寸設計原則是金屬凸塊面積的40%之圓形斜切(Chamfered)設計。

二、引腳設計參數

內引腳接合過程中，接點的好壞受引腳厚度的變化影響，與受金屬凸塊的均勻度之影響相似，其影響程度以利用電鍍方式銅走線(Copper Trace)之二層設計捲帶要比以刻蝕(Etching)方式之三層設計捲帶更為嚴重。要能得到可接受的內引腳接合接點，內引腳設計必須考量到材料結構和設計參數之配合，期能得到最佳的柔軟度，足以吸收內引腳厚度的變化。一柔軟而延展性佳的銅質內引腳

表二　材料及設計參數於ILB製程的一般要求與考量

凸塊		捲帶引腳	
有關材料特性			
凸塊高度	16~30 μm	引腳厚度	18~25 μm
凸塊高度均勻度	≤±2 μm	引腳厚度均勻度	差異性足以被凸塊吸收
凸塊硬度	35~45 KHN or 45~60 VHN	銅材質之硬度及延展性	需有良好硬度及延展性
Passivation Rigidity	-	電鍍厚度	1~2.5 μm (gold), 3~5 μm (tin)
Barrier Material Adhesion	-	電鍍厚度均勻度	鍍錫較鍍金要求高
Barrier Diffusion Characteristics	-		
設計考量			
凸塊尺寸	10% less than pad size	Support Ring	Close enough to the lead tips
凸塊高度	16~30 μm	Thermode Size	Compatible to the support ring
凸塊 via 設計	40% of bump size	引腳寬度	10~40% less bump width

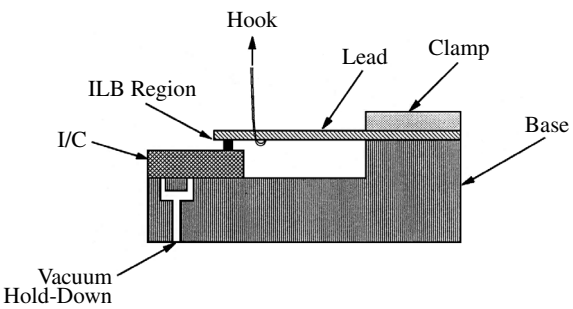
設計可以減少在ILB過程中所引起的殘餘應力。內引腳的延展性對產品日後暴露於環境應力試驗時，尤其溫度衝擊(Thermal Shock)和溫度循環等試驗也極為重要。對鍍錫的內引腳捲帶而言，引腳的柔軟度和延展性亦可以減少錫鬚(Whisker)的形成。對一較具延展性的引腳而言，未支撐引腳之長度愈短，在處理過程發生引腳損傷(Damage)的損失就愈少。至於引腳的寬度，一般設計是比凸塊的寬度縮減約10~40%左右，以便得到適當的Fillet，同時也使引腳與凸塊之間的對位較容易些。內引腳的電鍍層厚度也是極為重要因素之一，一般鍍金之引腳的鍍層厚度對ILB的影響，不像鍍錫引腳對ILB的接合區域之共金和Intermetallics形成有很大的關係，其鍍錫的厚度必須非常嚴謹的控制，鍍錫厚度過薄會有接合不良造成微弱接點；鍍錫厚度過厚會引起接合製程過於變動而無法有效控制錫金共金的形成，而有潛在可靠度低且脆性的Intermetallics層之存在。

內引腳接合強度評估

捲帶式封裝在完成內引腳接合後，在作進一步組裝之前所進行之測試，可以用來當作是製程發展試驗或是監控組裝線上製程，主要都是為確保元件的電氣功能和隨時監控接點的品質。內引腳

接合接點的測試技術可分為非破壞性(Nondestructive)和破壞性(Destructive)二種。非破壞性試驗多採用於量產階段，但無法有效保證檢視過後元件的可靠度，而破壞性試驗多是屬在製程發展試驗階段中進行的驗證試驗。

最為廣泛採用和容易的非破壞試驗是視覺檢查方式，但是這種方法卻是相當的依賴操作員的熟練度且具爭議性，該方法也僅能鑑定出接合區域表面的缺陷，而無法查出存於接點本身內部的缺陷。一般多利用高倍顯微鏡檢視接合是否有不良接合現象，如捲帶引腳彎曲、接合不正現象、晶體或捲帶的污染，過多或過少的接點接合與變形，以及其他捲帶引腳缺陷。另一較高花費和勞力之檢視方法是掃瞄電子顯微鏡(Scanning Emission Microscopy; SEM)，這方法可以有不同檢視角度和較高放大倍率，可以檢視到晶體Passivation層的斷裂、引腳和凸塊等表面斷裂和一些不易被光學顯微鏡偵測到的表面污染。電氣測試是另一種非破壞試驗，其試驗項目可由單一接點到整個電信功能的測試。為能將一些引腳和凸塊僅是微微接觸卻能有電信功能的不良接點也摒除於外，試驗過程中必須對引腳略施加些拉力。其他尚有一些非破壞試驗方法如X-ray、Scanning Beam X-ray Laminograph, Laser/Infrared Inspection, Acoustic Emission Detection和Scanning Acoustic Microscopy等，目前對內引腳接點的非破壞性檢視方法並沒有統一的解決方案，上述檢視方法是各有其優缺點和限制。



▲圖五　一典型內引腳接點拉力試驗示意圖

有許多破壞性檢測方法可以評估內引腳接合的好壞，其中最常用的方法為機械拉力試驗和試體橫截面金屬特性分析。圖五為一簡單機械拉力試驗裝置，目前拉力試驗儀器僅提供單一引腳接點的最大強度和其破壞模式，拉力試驗破壞模式可分為下列幾種型式：

●矽體坑孔(Silicon Cratering)

●凸塊拔起(Bump Lift)

●凸塊撕裂/斷裂(Bump Tear/Fracture)

●引腳拔起(Lead Lift)

●引腳斷裂(Lead Fracture)

矽體坑孔可能是因為不當的壓合參數和凸塊結構，其最常列出的原因是過大壓合應力，雖然有些應力是因為溫度衝擊所造成。在製造過程中有不適當的凸塊結構和晶片光罩(Wafer Mask)的對位不正，也會引起矽體坑孔的發生。凸塊拔起可以發生在其結構裡的任一界面層，污染多是造成這種破壞模式；凸塊撕裂／斷裂其實是矽體坑孔和凸塊拔起二種模式的組合，界面受到不均勻污染多是造成這種破壞模式因素。引腳拔起很清楚是屬於引腳接合不良的模式，而引腳斷裂不管發生在引腳跨度範圍或凸塊角落，則是屬於整個接點結構的強度較引腳的強度高之證明，是本研究欲得到的接點接合破壞模式。但是必須注意若是有不正常的凸塊角落斷裂現象，其可能是不當的機具設定或過大的引腳變形。

試體橫截面金屬特性分析(Cross

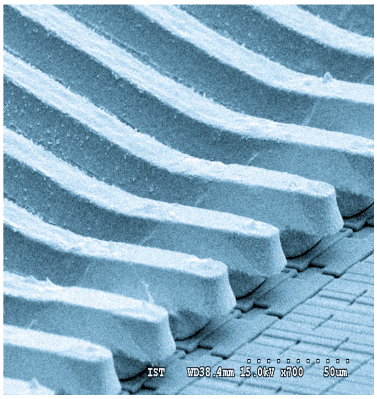
Sectional Analysis)是另一種破壞性檢測方法，其利用研磨刨光形式使接點截面結構外露，利用適當的蝕刻技術可以分辨不同的金屬結構，所有的結構可以一目了然，如Fillet形狀、空隙分佈、引腳和凸塊壓縮量等。

模擬分析

數值模擬及試驗是目前檢測IC封裝的熱機械性質與可靠度最常用的方法。為求有效的提高產品設計與製程能力，因此進行數值模擬並配合精準的試驗校正是必須的，在設計階段對設計參數進行數值模擬分析，並對產品進行一系列的可靠度分析，以回饋設計參數與製程的可行性及可靠性。在ILB過程有二個最具影響力的變數即接合溫度和壓力，一般接點接合強度會隨接合壓力增加而呈線性增加。增加接合溫度可以輕易達到金屬軟化形成共金過程，而減輕對接合壓力大小的要求，如何決定一組優化參數適用於各種產品及製程是最大的考量。首先對ILB製程之壓合力大小於接合區域所累積熱應力分佈之影響進行研究分析。為求問題之簡化，模擬ILB過程將瞬間動態壓合過程分解為二步驟，即捲帶引腳因受捲帶厚度之影響而發生的彎曲變形和不同壓合力對接合區域之應力分佈、凸塊變形的影響。數值模擬不同TCP ILB設計參數，並配合可靠度分析驗證，詳述於下：

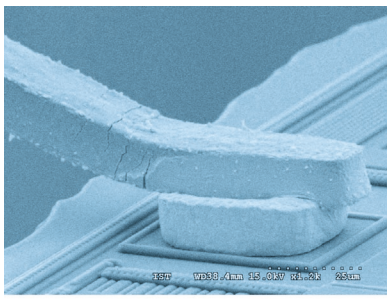
一、內引腳彎曲應力分析

在形成內引腳接合過程中，接合壓頭首先是下降至一高度和內引腳接觸如圖六所示，這高度與捲帶厚度有關，其

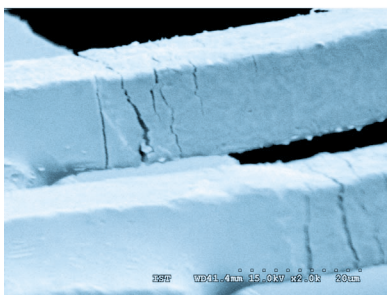


◀圖六　典型TCP內引腳接合的SEM圖

▼圖七　不當接合設計參數發生引腳斷裂行為



(a)



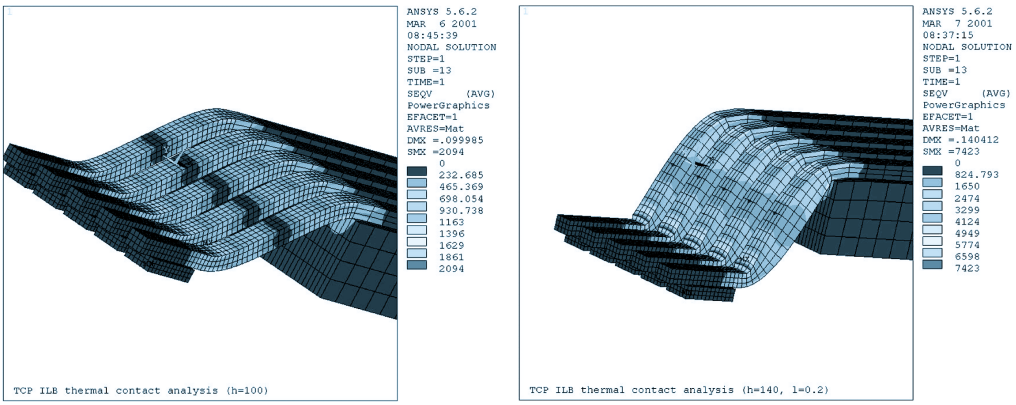
(b)

造成內引腳的彎曲程度和引腳長度設計、材料強度、接合溫度等有關。一較長而柔軟、具延展性的引腳可以減少在ILB過程中引起內引腳彎曲應力，避免有引腳斷裂之慮，但是過長引腳在處理捲帶和引腳對位時相對的易發生過大彎曲，而需要額外機械支撐。過短引腳加上不適當接合高度會發生有引腳尖端未能與接合區域接觸，或不能形成足夠有效的接合，不良的引腳設計和接合高度於接合過程或應力試驗過程中，會發生如圖七所示之內引腳的斷裂。

數值模擬捲帶厚度（實際上為銅引線與金凸塊之高度差）由70~140 μm高度變化對不同跨度引腳設計參數對內引腳彎曲之影響。圖八顯示模擬不同跨度引腳設計和捲帶厚度發生引腳彎曲應力集

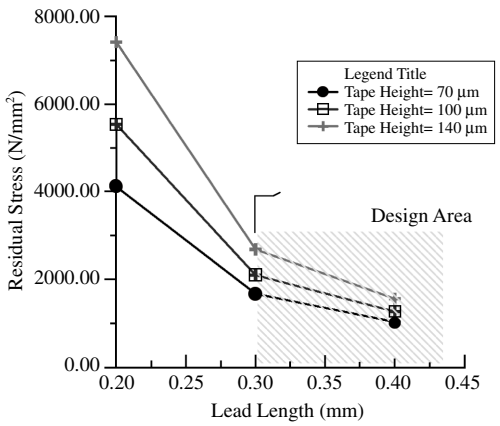
表四　不同設計參數之接合應力模擬結果

	捲帶厚度 H=70 μm	最大接合力 (N/lead)	捲帶厚度 H=100 μm	最大接合力 (N/Lead)	捲帶厚度 H=140 μm	最大接合力 (N/Lead)
引腳跨度 L=0.2 mm	4117 (N/mm^2)	11.26	5542	15.16	7423	20.31
L=0.3 mm	1670	4.56	2094	5.73	2681	7.33
L=0.4 mm	1021	2.79	1259	3.44	1554	4.25



(a)　　(b)

▲圖八　數值模擬內引腳彎曲應力分佈：(a)長引腳設計；(b)短引腳設計



▲圖九　引腳捲帶設計參數優化範圍

中危險區域，分別在捲帶邊緣和接近凸塊角落二處，其中捲帶厚度愈高則引腳彎曲應力就愈高。圖八(b)所示內引腳的跨度愈短在凸塊角落發生愈高的應力集中，應注意到引腳的長度配合有合適的捲帶厚度，可以提供足夠的柔軟度而有較低的彎曲應力分佈。表四列出不同引腳設計參數的彎曲應力值和相對接合力的模擬結果。圖九為所得引腳捲帶設計參數優化範圍，其顯示引腳跨度≥0.3 mm在ILB過程中可得到最佳接合接點與較合適殘餘應力分佈。表五列出有關TCP產品的可靠度分析結果。

二、接合應力分析

結合溫度與壓力的接合力會引起金屬的塑性變形，接合力不僅發生於初始接觸階段，並一直維持至引腳和凸塊發生有原子階段(Atomic Level)的接合，其接合強度與許多製程變數有關，包括有設備設定、接合參數與材料參數。這些參數必須依據製程規範而逐一驗證，其中接合強度會隨著壓合力的大小呈線性增加，但是對壓合力顯然是有一上限，過大壓合力會造成過量的凸塊變形，而易使引腳斷裂或矽體本身的損傷。須注意到在引腳拉力試驗中，當接合強度大於引腳的材料強度時，主要破壞模式應是引腳斷裂，而不是接點破壞，在拉力試驗得到大多數(~100%)破壞是屬於引腳斷裂破壞模式時，再增加接合參數對接合強度是沒有多大的益處，於是進行一系列數值模擬不同結合結構與不同接合參數之強度分析。

圖十為一數值模擬TCP ILB的應力分析案例；圖十一為凸塊接合區域於不

同深度變形接合參數之應力分佈情形，其中應力集中發生於引腳尖端會隨著壓合力的增加而呈線性增加，這也反映出依所定接合參數施加接合力的大小，必須考慮到引腳材料強度的限制。表六列出模擬結果，其中顯示依現行設計參數對一捲帶厚度70 μm和引腳跨度0.3 mm而言，最大接合應力=1670 N/mm^{2}所發生的凸塊深度變形約有15%之多。

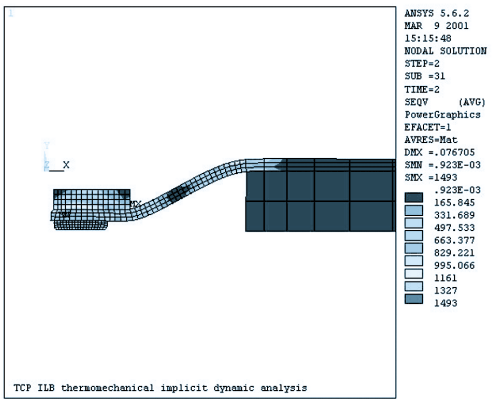
表五　TCP產品可靠度分析試驗結果案例

Test Item	Condition	Duration	Failure
High Temp Bias	T=125°C, Vcc=max	1000 hrs	0/20
High Temp Storage	T=125°C	1000 hrs	0/20
Low Temp Storage	T=65°C	1000 hrs	0/20
High Temp-High Humidity Bias	T=85°C, RH=85%, Vcc=max	1000 hrs	
High Temp-High Humidity Bias	T=85°C, RH=85%	1000 hrs	0/20
Temp Cycle	-65°C ~ 25°C ~ 150°C	100 cycles	300 cycles, 0/22
Thermal Shock	0°C ~ 100°C	100 cycles	300 cycles, 0/22
Pressure Cooker	T=125°C, RH=100%, 2.3 atm	96 hrs	192 hrs, 0/20
Solderbility	230°C, 5 sec with resin-base Flacks		0/5
Lead strength (bending)	90 degree, 50 g	20 times	No lead broken, 0/5
Mechanical shock	1500g, 0.5 ms, 4 directions	3 times	

結論

在捲帶式封裝中，極細間距內引腳的自動接合技術是一極困難的製程，其需要有極為精密的接合方法、材料選取及引腳設計和金屬共金形成控制，尤其是在大量製造生產過程。雖然主要的金屬共金形成的接合參數已經被研究發展並應用多年，但是對材料、幾何尺寸等因素受不同設備和製程影響仍需嚴格的控制，除了引腳和凸塊設計參數，尚有許多製程變數會影響內引腳接點的接合品質，例如對較大及極細長（即長寬比較大）晶體的引腳接合的共面性之控制，數值模擬分析顯示，引腳設計參數對引腳接合的形成具有很大的影響，研究結果顯示目前設計捲帶厚度在70~140 μm範圍、引腳跨度大於300 μm，可以得到較好且可靠度高的引腳接點。

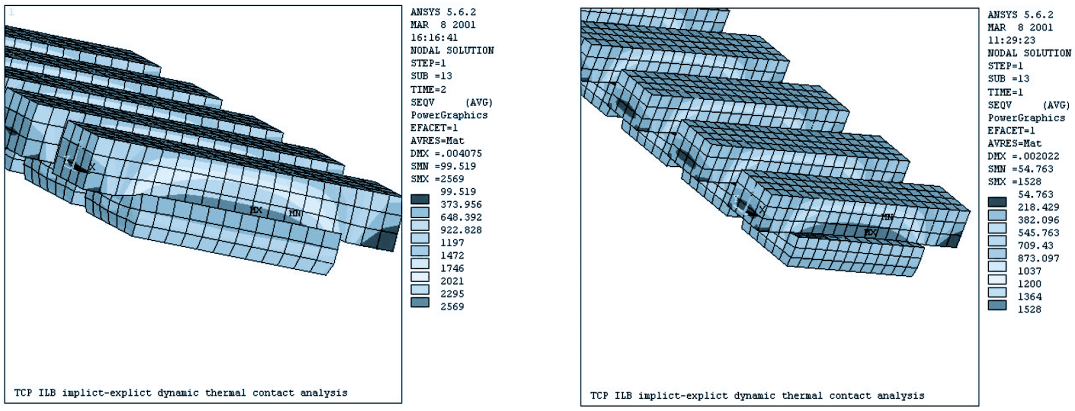
關於引腳接點之不同金屬共金形成其本身是相當的動態，例如錫金共金接合形式，銅材質引腳的鍍錫厚度對接合的幾何形狀極為重要，又施加接合溫度與壓力大小對錫金的Interm-etallics層的特性有很大的影響，進而影響接點的熱機械性質。選擇金/金共金形式的接合，可以有較均質的接點，而有免除過渡脆性的Intermetallics層存在之優點，但是製程中的接合溫度和壓力卻相對地要求提高。在設計過程中必須考慮到如



▲圖十　數值模擬TCP ILB的應力分析案例

表六　模擬凸塊變形量與接合力大小關係

凸塊變形量	7%	14%	28%	34%
最大接合力 (N/mm^2)	976	1528	2569	3077



▲圖十一　凸塊接合區域於不同深度變形接合參數之應力分佈情形：(a)較高接合力與較深凸塊變形；(b)較低接合力與較淺凸塊變形

何有效的降低引腳的殘餘應力和避免矽體損傷的引腳、凸塊等設計接合參數的優化，是決定捲帶式封裝引腳接合品質好壞與可靠度的重要因素。

致謝

在研究過程中，飛信半導體TCP技術團隊提供許多珍貴資料和建議，在此僅表謝意。同時感謝CADMEM的Dr. TJC Liu和Christ Yuan所提供的ANSYS分析協助。

參考文獻

1. Atsumi, K., N. Kashima, Y. Maehara, T. Mitsuhashi, T. Komatsu, and N. Ochiai, "Inner Lead Bonding Techniques for 500 Lead Dies having a 90 um Lead Pitch, " Proc. 39th Electronic Components Conference, May 1989, pp.171-176.
2. Ikeya, Y., K. Atsumi, N. Kashima, Y. Maehara, and K. Okano, " High-Accuracy Inner Lead Bonding Technique," Proc. IEMT-Japan, April 1989, pp. 71-74.
3. HedemalmP., L.G., Liljestrand, and H. Bernhoff, "Quality and reliability of TAB Inner Lead Bond," Proc. 2nd International TAB Symposium, Feb. 1990, pp. 88-102.
4. Wong, S., "TAB Inner Lead Bonding for High-Lead-Count, High-Volume Applications," Proc. NEPCON West '89, Feb. 1989, pp. 198-205.
5. Scharr, T.A., "TAB Bonding a 200 Lead Die," Proc. ISHM Symposium, October, 1983, pp. 561-565.
6. Walshak, D.B., " TAB Inner Lead Bonding," Handbook of Tape Automated Bonding, Chapter 7, J., Lau Ed., Van Nostrand Reinhold, 1992, pp. 200-242.