

LCD構裝製程之探討

*謝有德 **張世明

工研院電子工業研究所 先進構裝中心

*先進膠材接合課 課長

**工程經理

摘要

LCD的構裝包括驅動IC的封裝、與顯示面板及主機板的外引腳接合，及被動元件的配置。其中被動元件應用SMT技術、外引腳接合應用導電膠或錫鉛焊接，皆已經是業界成熟的技術，在此就LCD驅動IC的構裝技術進行探討。

LCD 驅動IC朝向多功能整合並且為節省IC製作之成本，而朝向高出腳數目(High Pin Count)及腳距微細化(Fine Pitch)發展。此發展趨勢將直接挑戰使用的製程材料，包括IC構裝用基板、接合材料等，以及覆晶接合設備的準度皆需不斷地提升。本文討論的議題包括LCD驅動IC之發展現況、構裝技術、應力探討，以及接點品質探討等。

關鍵詞

液晶顯示器(LCD)；異方性導電膠膜(ACF)；晶粒軟膜接合(COF)。

LCD驅動IC發展趨勢

LCD驅動IC主要製造國是日本，排名前三大廠商分別為Epson、NEC及Toshiba。研發方向方面，Epson表示LCD驅動IC把許多功能的線路都內建在IC內部，不但節省了許多PCB上的空間，更重要的是大幅改善電力消耗的問題。Epson的驅動IC還將Power的相關線路置入IC內，整個系統的功率消耗更低。這個優點不只是減少整個系統的功率，潛在的好處就是空間的設計不再受制於散熱及包裝，整體的空間可以縮小許多，

使得許多週邊濃縮成模組，模組則由整合性零件取而代之。

NEC顯示器驅動IC部門副總經理Kazumichi Aoki指出，NEC將積極投入手機用TFT面板驅動IC產品研發，預計2002年第二季該公司推出TFT面板用單顆晶片驅動IC(One Chip Solution TFT Driver)，屆時高出腳數目及腳距微細化構裝將成為LCD構裝技術主要面對的議題。

由NEC驅動IC發展的Roadmap中可看出，目前Mobile Phone或DSC用Source驅動IC，Driver、RAM、T-con等功能整合到一顆Chip內。而針對Gate驅動IC，

DC/DC Converter、Power整合到一顆Chip內。未來Source及Gate驅動IC會把RAM、T-con、DC/DC、Power等功能全部整合。手機用AM-LCD用驅動IC，目前朝向幾個方向發展：

(a)由多顆晶粒發展至單顆晶粒，降低構裝的成本

(b)支援顯示的顏色由4K→65K→260K

(c)單邊封裝技術，縮小LCD的邊緣

(d)使用0.25 μ m/8吋晶元設備生產，縮小IC尺寸

至於目前手機面板用兩顆式的驅動IC的技術趨勢則為：

(a)Gate驅動IC整合Power的功能

(b)Source驅動IC整合RAM的功能，主要的訴求在降低成本

PDA使用的驅動IC發展趨勢在：

(a)整合T/C功能

(b)彩色260K高傳輸速率

(c)單晶片內含Source、Gate、Power

製程上，LCD驅動IC之線路製作已不是問題，構裝方面必須將系統元件作良好的安排，以及提供高良率、高產率與節省空間的穩定製程。

IC構裝技術簡介

傳統IC構裝技術包括：

(1)PIN (Pin Insertion Through)技術：針對傳統的插件式元件，常見的如SIP (Single In Line Package)、DIP (Dual In Line Package)、PGA (Pin Grid Array)

(2)表面黏著 (Surface Mount Technology; SMT)。經常使用的有SOP (Small Outline Package)、TSOP (Thin SOP)，QFP (Quad Flat Package)、SOJ (Small Outline J-lead package)、PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier)

(3)捲帶式晶粒接合 (Tape Automated Bonding, TAB)：目前廣泛被用在LCD驅動IC的構裝，其中內引腳以金錫共晶接合，外引腳以ACF (Anisotropic Conductive Film，異方性導電膠膜)接合至玻璃，以錫焊或ACF接合至PCB

(4)覆晶 (Flip Chip) 構裝技術：倒裝的方式將IC朝向基板以錫鉛合金的凸塊作為訊號之傳遞，常見的有BGA (Ball Grid Array)及CSP (Chip Scale Package)

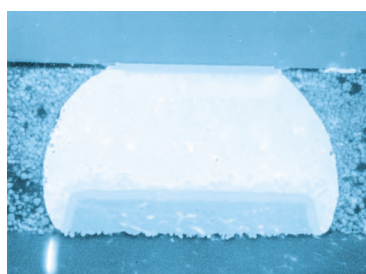
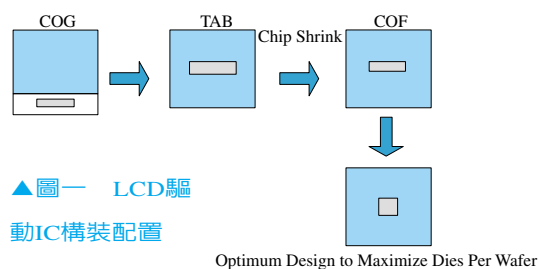
(5)DCA (Direct Chip Attachment)：裸晶片 (無任何包裝) 以打線技術 (Wire Bonding) 在IC焊墊與基板上的銅箔之間以金或鋁線接合之

(6)Flip Chip DCA：如COG (Chip on Glass)、COF (Chip on Film)，或COB (Chip on Board)等，裸晶以覆晶的方式與基板以ACF、共晶或金屬擴散等方式將IC凸塊與基板電極接合，COG一般用在LCD驅動IC之構裝，晶粒與玻璃直接接合，不需再使用其他高密度之軟性基板，可降低成本，但缺點是重工不易，LCD邊緣面積較大，且接合時因應力集中，容易導致大面積且較薄玻璃基板的變形，致使影像顯示不正常，一般認為COG適用在10"以下、0.7mm以上厚度的LCD基板，但日本有許多廠商積極開發大尺寸LCD之COG技術，希望能降低成本；COB則需克服基板的問題，一般FR4的銅箔線路共面度與精細度較差，難以符合裸晶接合的需求，一般以大顆粒的ACF進行接合，錫球與ICA (Isotropic Conductive Adhesive，等方性導電膠)則應用在較寬Pitch的IC；COF則是應用在高模組化、高模組單價的產品上，如手機，可整合許多被動元件，縮小PCB尺寸，高撓曲性，使空間的配置上更具彈性及高精細度，可應用於接腳間距狹小

的IC。

未來COF朝取代TAB發展，應用在大尺寸的LCD面板，此因TAB的飛腳結構(Flying Lead)無法達到線路微小間距的需求，日本松下半導體事業部認為40 μm Pitch為TAB的瓶頸。目前COF仍有些問題需克服，其中最重要的是如何提高製作良率以降低PI軟膜之製作成本，軟膜製造商表示COF用軟膜的成本尚有下降的空間，未來可望降至低於TAB，成本優勢為一般代工廠考慮的因素，TAB未來會被COG及COF取代。

IC在設計時以正方形的成本最低，此因晶粒切割良率高及每片晶圓可配置的IC數最多，此外凸塊的間距比同樣出腳數的狹長形寬，易於組裝。如圖一所示傳統TAB包裝使用狹長形的IC，主要是希望縮小LCD邊緣構裝的面積，但COF有較佳的撓曲性，可輕易地在任何位置轉折任何角度，因此方形的IC對



▲圖二 錫鉛接點截面圖

COF來說是降低成本且不佔構裝空間的選擇。

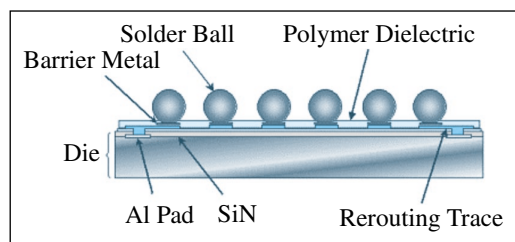
LCD驅動IC之ACF構裝技術簡介

構裝技術使用錫鉛凸塊傳遞訊號，能維持一定可靠度之最小接腳間距為120微米的電鍍錫鉛凸塊，如圖二、三所示為電鍍錫鉛的接點。LCD 驅動IC由於面積小、且為節省成本，因此一般不重新佈線將接腳間距擴大，而是以裸晶的形式直接構裝在基板上。

使用電鍍的金凸塊，在微細間距的應用時，可準確地控制凸塊間空隙的大小，在電鍍凸塊前會先在Pad上沉積一層UBM(Under Bump Metallurgy)，增加Au凸塊在Al Pad上Adhesion的效果（圖四），一般使用的材料包括 Ti/W，Au凸塊的硬度約在40~60HV。

Au Bump表面不易氧化，可使用接觸方式導電，例如使用ACF進行接合，ACF是一種可導電的接合劑膠膜如圖五所示，包括接合劑、導電顆粒及保護層，各層尺寸如圖六所示。

ACF接合導電原理，是讓膠材中的導電顆粒，夾在IC的凸塊與基板上的電極間，形成電性導通，如圖七所示。而膠材則一方面維持導電顆粒與接點接觸導通所需的收縮力，另方面則讓導電顆

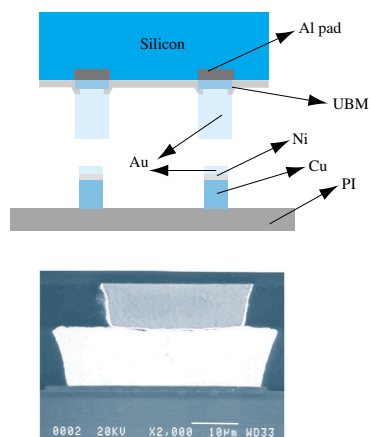


▲圖三 錫鉛凸塊示意圖

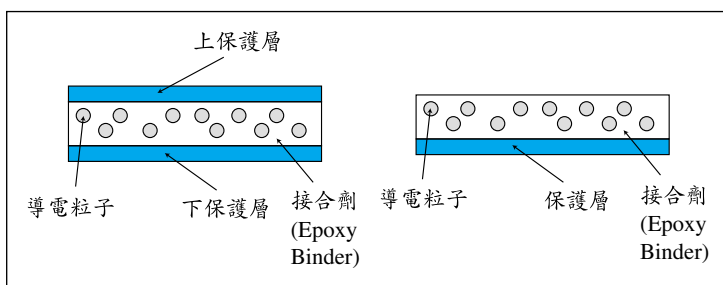
粒在平面方向不接觸導電。

此接合方式已被成功地運用在各種液晶顯示構裝技術及電子構裝技術中，如：捲帶式晶粒接合中的外引腳接合(Outer Leaded Bonding, OLB)技術(含貼在玻璃基材及電路板基材)、晶粒-玻璃接合(COG)技術、晶粒-電路板接合(COB)技術及晶粒-軟膜接合(COF)接合技術。

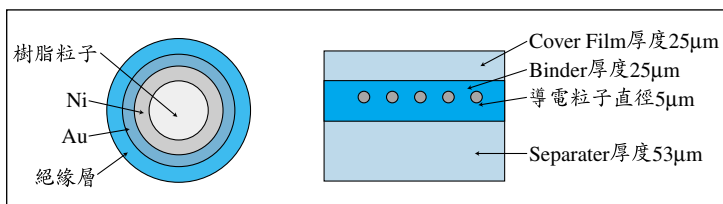
異方性導電膠膜被用在晶粒-電路板接合技術上時，由於IC與印刷電路板的



▲圖四 金凸塊接點截面圖



▲圖五 ACF 截面示意圖

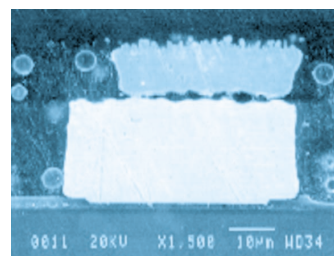


▲圖六 ACF導電顆粒示意圖

熱膨脹係數差異很大，會造成很大的熱應力，所以接點品質不佳，經改善ACF中的膠材，可靠性大幅提升。研究報告指出異方性導電膠(Anisotropic Conductive Adhesive, ACA)中加入填充物(Filler)，例如：絕緣性小顆粒，以降低膠材的熱膨脹係數，使之與IC及印刷電路板間的熱膨脹係數較為匹配，因而降低接合結構的熱應力，改善了接點品質。

ACF中的導電顆粒常用的有鉛錫顆粒、鎳顆粒、外層被覆金屬的高分子球及絕緣層/金屬層/高分子球之兩層結構導電顆粒。其中鉛錫顆粒比較軟，壓合後接觸面積大，其優點是接點阻抗低，缺點是較不適合用在高密度構裝；鎳顆粒比較硬，其優點是可穿透氧化層，適用於電極表面易氧化層的接合結構，缺點是彈性差。外層被覆金屬的高分子球，其優點是具有良好的彈性，接合後的可靠度佳，其缺點是穿透力差，不易穿透有氧化層的電極。至於絕緣層/金屬層/高分子球之導電顆粒，經接合製程後，導電顆粒在壓合方向的絕緣層被擠破，與

上下電極接觸導通，而水平方向，即便導電顆粒相鄰接觸也不導通，其優點是接合密度高，缺點則是增加導電顆粒與電極間的接點阻抗，此種結構之領導廠商為SONY Chem.。



▲圖七 ACF接點截面圖

此外，Itsuo等人提出的雙層ACF結構，底層為ACF，上層為絕緣膠，這種結構在接合過程中，ACF內的導電顆粒較一般單層的ACF不易流動，所以能提高接合密度，此種結構之領導廠商為Hitachi Chem.。

LCD驅動IC之NCA構裝技術簡介

非導電性接著劑(NCA)的接合原理，是藉由膠材的收縮力，使IC上之凸塊與基板上之電極緊密接觸導通。異方性導電膜的接合導電原理，也是靠膠材的收縮力，使導電顆粒球受壓變形，而與IC上之凸塊及基板上之電極緊密接觸導通。兩者均是靠膠材的收縮應力使接點導通。

一、壓合方向的應力趨勢

Kristiansen等人認為NCA接合是靠相對電極間粗糙面的點接觸，經壓合後產生塑性變形及彈性變形。其中塑性變形可增加接觸面積，降低接點阻抗；彈性變形則除了增加接觸面積外，尚能儲存接點接觸所需的應力。當接點應力愈大時，接觸面積愈大，接點阻抗愈低，當應力持續增加到臨界值以後，接點阻抗趨於平緩成為定值。Hatada將膠材所受的應力（指壓合方向的應力）分為收縮應力(Contraction Stress)與熱應力(Thermal Stress)，在任何時候均需保持以下關係：

$$\alpha, \beta > W > P$$

其中 α 及 β 分別表示膠材/基材介面與膠材/IC介面的接合應力(Adhesion Stress)，而W及P則分別表示收縮應力及熱應力。當膠材所承受的應力過大時，

會破壞接合後的膠材，或使之與IC或基材脫層，故應力不宜太大。

然而正確的計算應該將收縮應力(W)與熱應力(P)合併，修正如下式：

$$\alpha \text{ (或 } \beta) > (W - P) > 0$$

由於收縮應力與熱應力是並存的，必須合併運算。合併後之應力若大於零，則預期接點接觸導通，實際上必須大於某一定值才能導通。此外，若應力小於介面的接合應力及膠材的強度時，則預期沒有機械性破壞。本文就是以此觀點，將應力分為本質應力（亦即收縮應力）及熱應力，然後合併成壓合方向的總應力，藉此應力可預測接點的品質。

二、水平方向的應力趨勢

Flinn等人在單層薄膜應力上，提出薄膜熱應力的公式如下：

$$\frac{d\sigma_f}{dT} = \frac{E_f}{(1 - \nu_f)} \cdot (\alpha_s - \alpha_f)$$

其中

σ_f 是薄膜於基材上經熱循環所得的應力

α_s, α_f 分別是基材及薄膜的熱膨脹係數

$E_f/(1-\nu_f)$ 是薄膜的雙軸向模數。

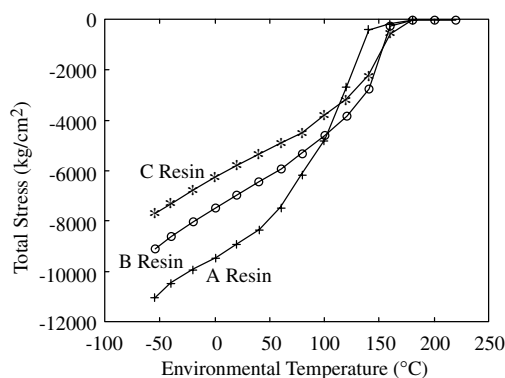
而NCA接合結構中，IC約500 μm 厚，而膠材及軟膜基材同屬高分子，兩者厚度和只有40 μm ，為簡化運算，將膠材及軟膜視為單層薄膜在IC上。因此，膠材在水平方向所承受的應力，可用上式概略估算應力的趨勢。

壓合方向的應力將直接與接點阻抗相關，作者所提壓合方向的應力公式如下。

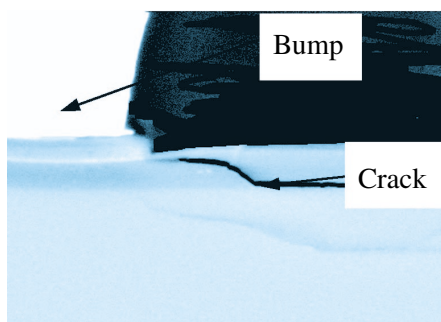
$$\sigma_{b, total} = \frac{E_a A_a \cdot F}{(E_a A_a + E_b A_b) A_b} + E_b \cdot \left(\frac{E_a A_a}{E_a A_a + E_b A_b} \right) \cdot \int (\alpha_a - \alpha_b) dT$$

將材料的性質、製程溫度、製程壓力及環境溫度代入上式，就可預估結構的本質應力、熱應力與總應力。藉此可初步判斷使用何種膠及凸塊，可使凸塊得到穩定的壓應力，進而在接點上得到穩定的低電阻。

如圖八所示，使用ABC三款市售之膠材，完成COF接合後，凸塊在壓合方向上所承受的總應力與環境溫度(-55°C~220°C)間的關係。當環境溫度愈低時，凸塊在壓合方向上所承受的總應力愈



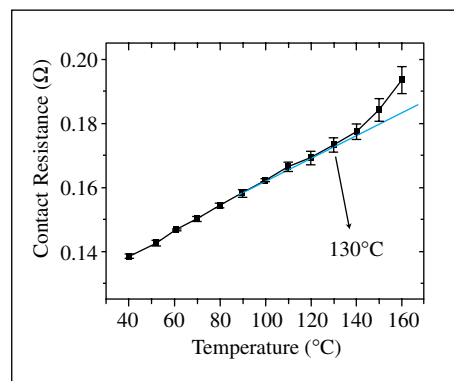
▲圖八 不同的NCA之COF凸塊應力趨勢圖



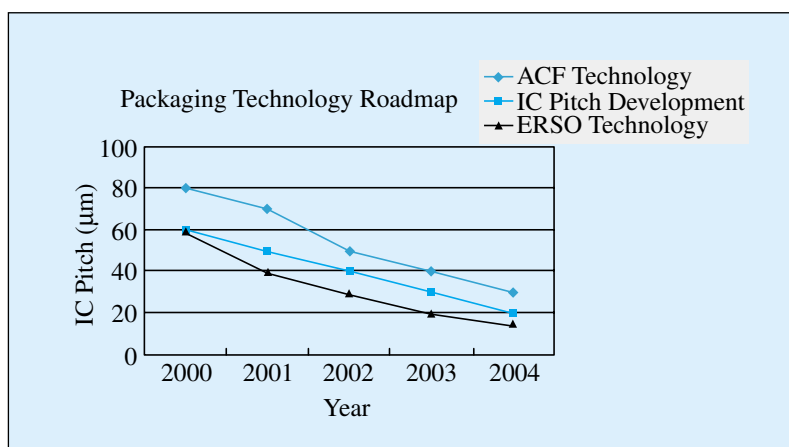
▲圖九 COF接點故障之截面圖

大；其中應力隨環境溫度的變化量，以使用A膠材的最大，B膠材次之，C膠材最小。預期用於COF接合後，其耐熱衝擊能力，將是以A膠材最差，B膠材次之，C膠材最佳，此乃因膠材與金凸塊的CTE值差異以A最大，B次之，C最小，故造成之熱應力變化也是以A最大，B次之，C最小。A膠材在低溫時所產生過大的應力使接點處IC產生裂痕，如圖九所示。壓合方向過大的壓應力使Al Pad產生凹陷變形，並造成IC的矽產生裂痕，如圖九所示。

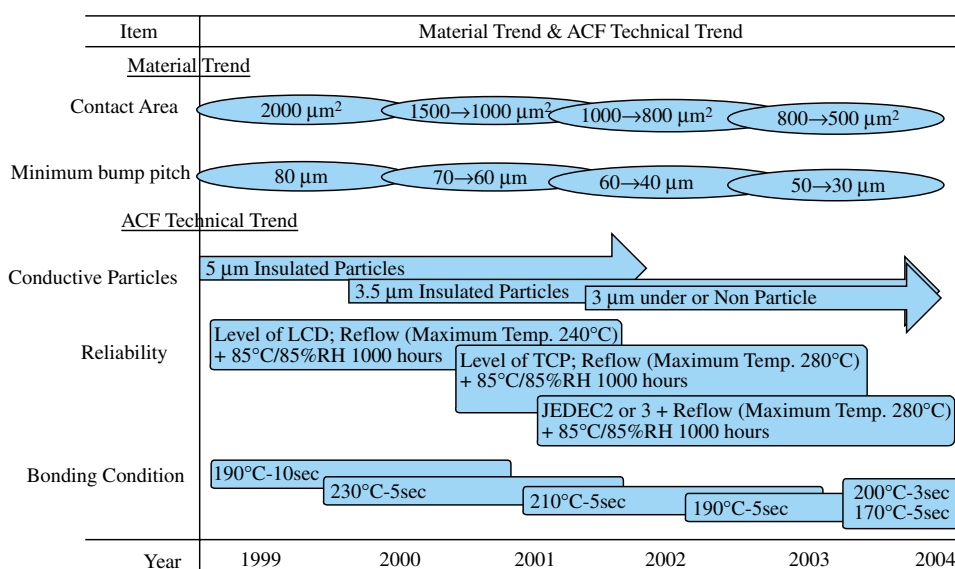
圖十為COF樣品在不同環境溫度下量測到的接點阻抗。其接點阻抗隨環境溫度升高，而成等比例增高，這是由於ACF中膠材之CTE值比金凸塊及導電顆粒大，升溫時，膠材的膨脹速度比金凸塊及導電顆粒快，使得IC中金凸塊及導電顆粒因與膠材的CTE不匹配，造成接點的接觸面積減少，進而使接點阻抗升高。當環境溫度到達130°C以上時，其阻抗成更高比例增加。此乃因環境溫度超過玻璃轉換溫度(Tg)時，膠材一則軟化，二則膨脹係數增加更多，膨脹更厲害，進而造成接點阻抗隨環境溫度上升呈更快速增長。不過這樣的阻值變化量，對LCD產品而言，均相當小，可以忽略不



▲圖十 接點阻抗受溫度影響之趨勢圖



▲圖十一 COF技術發展 Roadmap



▲圖十二 SONY COF用ACF發展 Roadmap

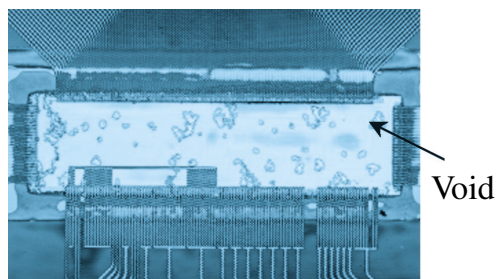
計。

LCD構裝技術Roadmap

圖十一為COF技術發展的Roadmap；圖十二為SONY Chem. ACF開發的Roadmap。

IC接腳之間距有逐年縮小的趨勢，

運用ACF之構裝技術已有所不足，NCA之構裝技術的發展主要針對IC腳距微細化的趨勢而發展出來的，工研院電子所先進構裝中心，在LCD構裝方面的技術發展時程為1999年以前發展TAB內引腳及外引腳接合、COG接合；2000年發展ACF式COF；2001年發展NCA式COF；



▲圖十三 COF接合面之SAT透視圖

2002年發展NCF (Non Conductive Film, 非導電性接合膠膜) 式COF。NCA與NCF的差別在於NCF是將NCA部份固化, 形成B-stage膠膜, NCF製程可使用ACF的生產設備, 且可降低材料成本, 由於NCF是固態材料, 在生產線上易於控制, 但缺點是在PI軟膜表面的潤濕效果較差。

接點現象探討

以ACF進行COF接合, 並以SAT (Scanning Acoustic Tomograph)觀察膠材孔隙產生的情形, 結果如圖十三所示。ACF固化後產生孔隙, 此由於膠膜在PI基板上的潤濕效果較差, 故在進行ACF貼附的同時也捕捉空氣於貼附的界面, 於高溫固化時形成孔隙。

水氣容易經由孔隙滲入, 降低膠材與基板之間的黏著力。孔隙會造成一些脆弱的界面, 如圖十三所示。

膠材在接合後產生的應力會使脆弱的界面產生脫層現象, 使接點的可靠度變差。NCA製程需控制一些程序避免膠材固化時產生孔隙, 例如膠材處理時需避免吸濕, 濕氣在高溫接合時容易氯化變成孔隙。需使膠材在基材表面的流動性變好, 及設計階段性固化程序, 使膠材充分填入基材表面粗糙的孔洞, 此步

驟參數設定與膠材本身的特性有關, 如黏度、搖溶比、潤濕性及固化溫度等, 某些膠材必須在較低溫下固化, 若是強迫以高溫短時間固化, 將造成硬化劑揮發導致孔隙的產生。

關於以NCA進行COF接合的接點, IC是屬於金凸塊而PI軟膜則是鍍金的銅線路, 此為避免表面氧化層影響接點阻抗, 在界面處有金的擴散效應, 增加接合強度與導電效果。

結語

工研院電子所先進構裝中心所開發的LCD構裝技術重點, 在於符合LCD驅動IC高出腳數、腳距微細化等發展趨勢, 技術開發包括膠材的分析與評估、應力評估、製程開發、破壞模式分析及可靠度驗證, 並考慮量產及降低成本的可行性。未來朝發展無凸塊的表面活化接合技術, 此技術可達奈米級的接合, 預期可降低接合溫度且具有良好電性表現。

參考文獻

1. Shyh-Ming Chang, Jwo-Huei Jou, Adam Hsieh, Tai-Hong Chen, Jui-Nin Jao, and Hua-Shu Wu, "Internal Stress and Connection Resistance Correlation Study of Micro-Bump Bonding", IEEE Transactions on Component & Packaging Technology, accepted.
2. Shyh-Ming Chang, Jwo-Huei Jou, Adam Hsieh, Tai-Hong Chen, Ching-Yun Chang, Yung-Hao Wang, and Chun-Ming Huang, "Characteristic Study of Anisotropic-Conductive-Film for Chip-on-Film Packaging", Microelectronics Reliability, accepted.
3. COF製程及可靠度測試報告, 工研院電子所, 謝有德。