

# 第一章 導論

## 1-1 電子封裝簡介

在近世代以來，電子工業的快速蓬勃發展，不論是半導體產業或是資訊通訊業等，都有著相當可觀的進步幅度。而相關的電子封裝工業，為了符合潮流需求，其技術也是不斷的在快速提昇當中。所謂的電子封裝，最簡單來說，就是提供 IC 晶片適當保護，讓外在因素不會影響其正常功能運作，並給予晶片電訊、熱能等傳遞途徑，使其功能可以正常發揮。晶片由半導體積體電路技術製作完成後，由於晶片的尺寸微小且脆弱，故必須有所謂的封裝（packaging）的製程階段，將晶片包覆保護以避免由外力或是環境因素而造成晶片的損壞。而在一系統中，IC 元件要可以正常作動，都必須與電阻、電容以及基板等相結合，形成完整系統通路，達到既定的功能。由此可知，封裝的功能除了保護晶片不受外在因素影響而破壞外，IC 元件的接著固定、電路訊號的連結、與電路基板相接合、形成封閉結構、整體系統組裝等皆為封裝所需達到的目的，以組成良好的電子產品。因此電子封裝對元件而言，最主要的作用即為傳遞電力與電路訊號(輸入與輸出積體電路)、提供散熱途徑、承載與保護結構等項[1]。

## 1-2 無鉛封裝技術的發展

傳統封裝技術由 70 年代發展至今，元件與基板間連接方式，從針腳插孔(pin through hole, PTH)發展為表面接著技術(surface mount technology, SMT)，封裝形態也由面陣列引腳(pin grid array, PGA)轉變至球面陣列(ball grid array, BGA)，到最近為了符合消費性電子產品走向輕、薄、短、小的趨勢，晶片尺寸構裝(chip scale package, CSP)以及覆晶(flip chip)封裝等更高密度高效能的封裝技術便因應

而生。在封裝技術持續發展的過程中，錫鉛錫料一直都是電子封裝在接著技術上的主要使用材料[2、3]。由於近年來環保意識的抬頭，在工業上鉛（Pb）金屬的使用開始受到了重視以及限制。每年有數以千噸的鉛金屬被製造使用在不同的產品上，尤其是消費性的電子產品，因其使用壽命通常只有 2~3 年，導致每年都有上百萬數量的含鉛產品被掩埋，對環境造成極大的傷害。日本在 2005 年一月已經在新一代生產的電子產品中全面禁止鉛的使用，而歐盟也決定在 2006 年 7 月開始禁止含鉛電子產品的進口，這對世界上各大廠造成很大的衝擊，因此相關的研究機構開始積極的投入研發含鉛錫料的的替代物。至目前為止，以無鉛錫料（lead-free solder）以及導電膠（electrically conductive adhesives, ECAs）是最被看好可以替代含鉛錫料的的兩種替代物。

無鉛錫料的發展上，主要是以錫金屬（Sn）為主要構成物，搭配銀（Ag）、銅（Cu）、鋅（Zn）等不同的金屬，以不同重量百分比率（weight percent）組成。由於錫的熔點（melting point）相對於其他金屬較低（232℃），價格中等且與其他金屬相合的潤溼性（wetting ability）佳，因此在無鉛錫料中多是以錫元素作為主要的材料成份。然而在目前商業上主要使用的錫/銀、錫/銀/銅兩種無鉛錫料，其熔點遠比傳統錫鉛錫料高上 30~40℃（錫/鉛熔點 183℃，而錫/銀熔點 217℃，錫/銀/銅熔點 221℃），造成迴焊溫度（reflow temperature）較高，降低基板的可靠度、功能性等，限制了應用上的發展。而其他熔點低於錫鉛的無鉛錫料，如錫/銻（熔點 120℃）、錫/鉍（熔點 138℃）等，其材料性質以及加工性仍需要進一步的研究，由以上可知無鉛錫料在發展使用上還有許多需要改進。

不同於錫料以金屬作為連接物的構裝方式，導電膠是以高分子膠

材如環氧樹脂 (epoxy)、矽樹脂 (silicone)、聚亞醯胺 (polyimide) 等做為基材，提供物理性連接以及導電膠適當的機械強度，而摻入的金屬填充物如金、銀、鎳、銅等，則是導電膠主要的導電媒介，因此導電膠的物理以及機械性質等是與其膠材成份有關，而電性方面的表現則仰賴於所摻入的金屬填充物。相較於傳統錒料，導電膠有著較環保、加工簡易、成本低、可達到細微間距 (fine pitch) 等優點。但導電膠並非完美，其導電及導熱性較差、經可靠度測試後電阻升高、能承受的通電量低、抗衝擊性不佳等，皆為導電膠在使用上的主要缺點，表 1-1 為錒鉛錒料與導電膠主要特性上的比較。

### 1-3 導電膠的種類

導電膠的種類依其摻入的金屬填充物含量 (loading level) 不同，可分為等向性導電膠 (isotropic conductive adhesive, ICA) 及異向性導電膠 (anisotropic conductive adhesive or anisotropic conductive film、paste, ACA or ACF、ACP)。兩者主要的差異在於等向性導電膠的金屬填充物體積含量高，其填充粒子尺寸約 1~10 $\mu\text{m}$ ，而異向性導電膠的填充物體積含量低，導電粒子尺寸約 3~5 $\mu\text{m}$ 。圖 1-1 為等向性與異向性導電膠的門檻曲線 (percolation curve)，從圖上可以看出兩者基本的不同點。當金屬填充物的體積含量高於某值，到達門檻曲線的右半區域時，導電性上升，在 X、Y、Z 三方向皆有導電性，即為等向性導電；若是含量較低 (5-20 vol.%)，落在門檻曲線的左半區域時，其導電性只存在於 Z 向 (即厚度方向)，是為異向性導電。

除了等向性與異向性導電膠外，近年來亦發展出了非導電絕緣膠 (non-conductive adhesive, NCA) 的接合技術。在非導電絕緣膠中並沒有摻入任何金屬填充物，其導電方式是利用膠材固化產生的收縮

力，藉此收縮力使得晶片上凸塊（bump）與基板上鐳墊（pad）相接觸而導電，圖 1-2 為三種不同導電膠之示意圖。

#### 1-4 異向性導電膠

所謂的覆晶（flip chip）封裝，即是將晶片翻轉向下，將晶片電路面上的凸塊對準基板上的鐳墊，直接接合的一種構裝方式。其晶片與基板間的電路導通方式，可分為金屬導通（solder）以及導電膠（ECA）導通兩種方式。由於覆晶封裝可大量提高晶片及基板間接點輸出/輸入（I/O）數，使元件在較小的體積中即可達到所需的功能，頗符合現代消費性產品所需的要求。在半導體封裝中，多使用金屬接通，而導電膠的應用領域則多以平面顯示器（flat panel displays）如液晶顯示器（liquid crystal displays，LCD）的驅動 IC（driver IC）連接為主，其中異向性導電膠更是被廣泛使用。

異向性導電膠主要由兩部分組成，一為提供接著、絕緣、耐熱、防溼等功能的黏接劑（binder），成份上分為熱固性（thermosetting）及熱塑性（thermoplastic）兩種高分子膠材，另一部分為做為導電途徑的導電粒子（conductive particles），其主要組成可分為碳黑（carbon fiber）、金屬粉末（metallic powder）、表面塗佈金屬的高分子粉末、以及表面塗佈絕緣層的金屬粒子。

熱塑性膠材的優點為加工溫度低且有可修復性，其缺點為高溫時易劣化且膨脹率高。而熱固性材料為高溫穩定性高且膨脹率低，高溫下可固化而形成三維的交聯結構（cross-linked structure），堅固性及強度佳，因此在可靠度（reliability）上較熱塑性材料來的好，但不具有修復性為其缺點，目前熱固性樹脂廣泛的被使用作為異向性導電膠的黏著劑部分，尤其以環氧樹脂（epoxy）最為常見。



由於封裝元件體積越來越小，晶片與基板上接腳數增加，導致其線路間間距（pitch）越來越微小，為了維持導電量，導電粒子的密度勢必增加，也因此增加了導電粒子間相接觸而發生短路（short circuit）而失效的可能性，如圖 1-3。因此為了防止導電粒子間發生短路的現象，表面塗佈絕緣層的金屬粒子大大的被採用，圖 1-4 為披覆絕緣層的導電粒子示意圖。另外，近一兩年來更有所謂雙層（double-layer）的異向性導電膠被發展出來，其主要概念是在異向性導電膠上覆蓋一層熱固性且黏性（viscosity）較低的非導電膠，同時在異向性導電膠內加入粒徑約為導電粒子 1/5 的非導體粒子，當開始熱壓接合時，非導電層開始軟化並流動而降低導電粒子的移動性，到達接合溫度時，非導電層迅速固化，使得在凸塊-錫墊接觸面間導電粒子移動性降至最低，同時加入的非導體粒子也可以阻礙導電粒子間接觸，降低短路發生的機率，如圖 1-5 所示。



### 1-5 液晶顯示器封裝技術

液晶顯示器（LCD）有著超薄厚度和極輕等優點，因此被大量的使用在如手機、筆記型電腦等攜帶式電子產品上。為了達到液晶顯示器輕薄的要求，其所使用的封裝技術皆朝微小間距、高密度接腳及高可靠度等方向發展，故採用異向性導電膠便成為液晶顯示器封裝技術上的第一選擇。在液晶顯示模組（liquid crystal module，LCM）的封裝技術中，主要可分為捲帶式載體封裝（tape carrier package，TCP）、晶片-玻璃基板接合（chip-on-glass，COG）以及晶片-軟板接合（chip-on-flex，COF）等不同封裝技術。

TCP（tape carrier package，TCP）主要過程如下：首先在驅動 IC 上長好凸塊，接者將其與聚醯亞胺（polyimide，PI）軟膜基板對位並

接合，使 IC 之凸塊與 PI 軟板上之內引腳 (inner lead) 進行接合動作，再將其以異向性導電膠做為傳遞層與 LCD 玻璃基板上的 ITO 電極接合。前段將 IC 接合在 PI 軟板上製程稱為 ILB (inner lead bonding)，後段將 IC 及 PI 軟板接合於 LCD 面板上之外引腳 (outer lead) 製程稱為 OLB (outer lead bonding)。由於該 PI 軟板為捲帶狀 (tape)，故將驅動 IC 接合於 PI 軟板上稱為捲帶式載體封裝 (TCP，也稱為 TCP IC)，而整段製程泛稱 TAB (tape automatic bonding)。值得注意的是，TCP 中晶片與內引腳接合之下方並無支撐，當因應高解析度要求而間距細微化時，懸空之引腳強度不足，易產生變形，故 TCP 方式無法對應細間距的趨勢。另外，LCD 玻璃基板與 TCP 間熱膨脹係數 (coefficient of thermal expansion, CTE) 的不匹配 (mismatch)，在極細微間距的情況下，會造成液晶顯示器電訊可靠度上的問題發生。

晶片-軟板 (chip-on-flex, COF) 封裝技術可以說是由 TCP 封裝技術衍生而來的，是直接利用異向性導電膠將 IC 與軟膜基板相接。在 TCP 封裝中，捲帶式軟膜表面銅箔電極與 PI 軟膜間塗佈一層接著劑 (adhesive) 相接合，而晶片-軟板技術中軟膜與銅電極間並沒有利用接著劑接合，而是直接將銅箔沉積在軟膜表面。少了這層接著劑使得其更具可撓曲性，並且在尺寸安定、密度線路需求上有較好表現，同時免去了接著劑與軟板間熱膨脹係數不匹配所帶來 IC 與軟膜對位失準的問題，但銅箔與軟膜間接著強度也因此而變弱。晶片-軟板技術的可撓曲性帶來了 LCD 面板設計上更大的自由度，更適合小面積的 LCD 面板使用。

由於晶片-軟板接合結構不需形成元件孔，直接接合於捲帶上之引腳強度相對較佳，因此可達到較 TCP 更好的細間距結果，晶片-軟板接合製程不須開孔的特性，也使得捲帶上具有較多空間可乘載原放

置於印刷電路板(Printed Circuit Boards；PCB)上之被動元件等，有機會成為多功能的整合型晶片組[9]。

在 LCD 面板面積縮小的同時，為了維持同樣的功能性，搭載驅動 IC 的軟板其連接 LCD 玻璃基板的外引腳密度勢必要提高，間距勢必細微化，此時採用晶片-軟板封裝技術可有效解決 TCP 中因 CTE 不匹配造成的問題。在 COF 中，採用 CTE 較低的軟膜材料，可解決軟膜上外引腳與玻璃基板熱壓接合時產生的對位問題，所以在細微間距化的發展上，COF 佔有較大的優勢。

晶片-玻璃基板 (chip-on-glass，COG) 封裝技術則是直接將驅動 IC 以覆晶技術與 LCD 玻璃基板連接，利用異向性導電膠將 IC 與玻璃基板接合。由於 IC 與玻璃基板間不需要其它材料，減少了捲帶的使用及內外引腳接合技術，故成本上較低，製程容易，同時可將不同材料間 CTE 不匹配的問題減至最低，使晶片-玻璃基板封裝技術相較於其他封裝方式具有更可微間距化的機會，LCM 的體積也可大幅減小，是液晶顯示器構裝中最有效的技術。圖 1-6 為 LCM 中不同構裝技術之示意圖，表 1-2 則是各種驅動 IC 構裝技術之優缺點比較[9]。

除了 LCM 製程，在其它 SMT、CSP 等封裝領域中都有異向性導電膠的應用，但異向性導電膠的低導電度 ( lower electrical conductivity )，不佳的電流通量 ( poor current carrying capability )，以及經熱、溼等環境作用後的電訊失效或可靠度等問題，依然是異向性導電膠在使用上需要去克服的問題。