

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°C ），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 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ （錫/鉛熔點 183°C ，而錫/銀熔點 217°C ，錫/銀/銅熔點 221°C ），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°C ）、錫/鉍（熔點 138°C ）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 μm ，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 μm 。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）與基板上錐墊（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錐墊，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 不匹配的問題減致最低，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。