

新型EMC材料應用在軟板型CSP基板上之評估

◆邱以泰* 胡應強** 陶惟翰*** 陳柏琦**** 李宗銘*

工研院工業材料研究所 *研究員 **副研究員

文化大學材料與製程系 ***副教授 ****研究生

摘要

本文主要是松下公司對所開發之新型環氧樹脂成形塑料(Epoxy Molding Compound ; EMC)委託工研院材料所對於現今新構裝產品的封裝，進行評估測試。

在此是以軟板型CSP(Chip Scale Package)結構進行封裝，

並配合以往一般的製程條件，

最後得到EMC在CSP製程上的操作條件。

這種軟板型CSP封裝成品尺寸為12mm×12mm×1.2mm，

經短期可靠度測試，通過JEDEC Level 3 的吸濕測試(Moisture Soak)及3次的迴焊測試(IR-reflow)，並具有低的翹曲變形量(Warpage)，在長期可靠度測試上，

也通過JEDEC Level C的PCT測試、Level C的TCT測試，以及Level C的TST測試。

關鍵詞

EMC(Epoxy Molding Compound)、Flex CSP、可靠度測試(Reliability Test)、翹曲(Warpage)

緒論

近三十年，許多半導體構裝體相關的技術，如覆晶(Flip Chip)技術、多晶片模組(MCMs)技術和陣列式球柵(BGAs)技術等，都被運用在多種的構裝產品上。

現今電子封裝產品皆以輕薄、短小為趨勢，以最小的體積內能容納最多的功能為目標，所以，在材料特性、材料結構及製程特性方面，皆面臨更嚴格之挑戰。

過去一個208腳0.5mm間距(Pitch)的

QFP內，置入一個11mm的晶片後，會形成一個28mm×28mm的構裝體；若放置於1.0mm間距的PBGA內，則會形成17mm×17mm的構裝體；在面積方面PBGA約只有QFP的三分之一，證明了PBGA在構裝結構的競爭明顯的優於QFP。然而近年來逐漸崛起的CSP構裝，更進一步的將晶片封裝於一個12mm×12mm的構裝體內，面積大小約為QFP的四分之一，此一條件更是符合了目前這個處處要求輕、薄、短小的數位時代。

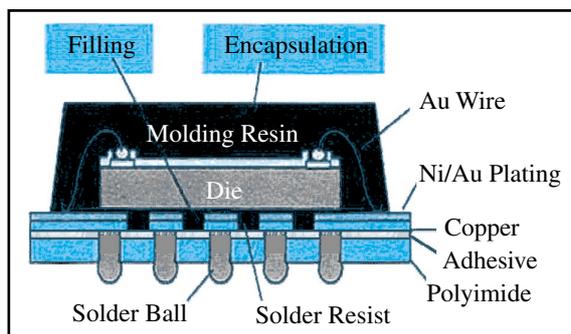
在封裝製程上所使用的EMC已經廣泛的使用在各種的構裝體上，而本文所使用的EMC正是日本松下公司所新開發出的產品，並委託工研院工業材料研究所進行製程條件及可靠度的評估。

此種EMC在材料特性上有別於一般封裝廠常見的EMC，主要在於配合目前的CSP封裝產品，縮短製程上時間，及擁有較低的翹曲值，透過短期可靠度及長期可靠度的檢測，證明此種EMC材料對CSP產品具有良好的適用性。

Flex CSP結構

現有的CSP構裝體，大致可以分為四類：(1)軟板型式的CSP，現在已量產的有FlexBGA及 μ BGA兩種，可個別運用於記憶體、類比型及ASIC晶片的產品。(2)導線架型式的CSP，現在主要運用於低價位且小於100 I/O的記憶體、類比型及ASIC晶片的產品。(3)硬板型式的CSP，此類產品主要有Mini BGA，可運用於記憶體的產品。(4)晶圓級封裝(Wafer Scale Package)。

本文所採用的Flex CSP結構主要為W/B型式的CSP，其結構特色如下列描述及圖一所示。



▲圖一 Flex CSP剖面圖

外觀：12mm×12mm×1.0mm

腳數：112 I/O

Ball Pitch: 0.75mm

Die Size: 10mm×10mm×11mils

軟性基板規格：

外觀：192.5mm×48mm×0.096mm

Ball Pad Dia.: 0.35mm

Laser Via Dia.: 0.3mm

Line Width/Line Space: 1.5/2.0mil

Base Material: 3 Layers

Solder Mask Dam for Die Bond

EMC材料特性

在轉移成形(Transfer Molding)過程中，由於封裝體面積大而薄，為雙側進膠，無膠道平衡問題，但在大尺寸薄化的模流問題上，卻另外有因素需要考慮。此時，EMC料的物理性質就相當重要，如EMC混煉均勻性、填料(Filler)的幾何形狀與大小、EMC料在高溫時流動與沉降問題，以及化學收縮量與熱膨脹的調整，這些因素影響著封裝完成後的尺寸安定性、翹曲程度、外觀與介面粘著強度等。

在此所採用的EMC為松下公司新開發出的CV-8500及CV-8700兩種環氧樹脂。此兩支材料的一般物性，如表一所示。

值得注意的是這兩支材料的熱膨脹

表一 EMC的一般物性表

流程項目	單位	CV-8500	CV-8700
Spiral Flow	Cm	120	130
Melt Viscosity	Pa•s	10.0	9.0
Tg	°C	190	150
C.T.E α_1	$\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	1.0	0.8
C.T.E α_2	$\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	3.1	2.8
Flexural Strength	MPa	145	157
Flexural Modulus	GPa	25	29

係數(CTE)及黏度(η)皆遠低於一般市面所使用的封裝材料(例如C.T.E α_1 : $1.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$; Melt Viscosity:20.0 Pa•s);以CTE值而言,擁有較低的CTE值可大大的降低在轉移成形後,因為溫度下降而造成之收縮的現象,以及與亦是低CTE值的基板間取得較相近的CTE值差,如此一來即可減少成品的翹曲值了。而在黏度方面,黏度是一種流體對流體所產生抵抗的指標,有高分子融液在剪應變率極低的情況下($\dot{\gamma} < 1$),其黏度大致為一常數值,然而隨著剪應變率逐漸增大,其黏度即呈現隨剪應變率增加而減小的特性,此種現象,稱為高分子“剪稀薄特性(Shear Thinning)”。為了解釋此種現象,可由高分子結構來解釋,高分子乃由無數個分子以長鏈形成,在未受外力時,分子之隨機方式纏繞,使其對流動抵抗較大,而當施予剪應力時,分子鏈出現排成直排且解開纏繞,而呈現較規則的排列方向,並使黏度進一步地降低。

較低的黏度不僅可以增加流動性,減少充填的時間,更可減低金線在充填塑料時所造成將金線擠斷的情形。

製程特性

IC封裝轉移成形製程常見的異常,

可分為巨觀與微觀兩方面。巨觀異常有充填不足、包封和溢料等現象;微觀異常則以金線偏移(Wire Sweep)、晶片承板偏移(Die Pad Tilt)與氣泡(Void)等為主。在

Ball Shear檢測中,乃用一非常微小的鏤形物,施剪力負載於金球上(金線與鋁電極的接著點),並使金球脫離鋁電極而破壞,看破壞所需負載大小,若有鋁電極脫離而金球未脫離的現象,則為晶片製作不良。所有經此抽驗的樣品,其金球脫離所需負載均大於規格要求($\geq 30\text{g}$),所以金線與鋁電極的接著強度品質亦在控制內,可避免在以後轉移成型中,因樹脂模流的衝擊而使金球脫離造成金線開路。

在轉移成形中,EMC直接置入轉移槽(Transfer Pot),經由柱塞(Piston)以設定速度壓入模穴中。模具溫度以電熱棒加熱,控制在 $165 \sim 185^{\circ}\text{C}$;樹脂在進入模穴之前,先通過流道(Runner)及閘口(Gate)。

樹脂在流道中的流動,會因受熱而升溫。熱的來源有三:其一為模具溫度(例如 175°C)遠大於樹脂溫度(例如 85°C)造成的熱傳導效應;其二是高黏性樹脂因流動造成的分子剪切熱(Shear Heating),在工業界常稱為摩擦熱;其三則是因樹脂分子受熱反應形成網狀結構而放出的熱量,稱為反應熱(Reaction Heat)。正常情況下,因轉移時間約在10秒以上,樹脂流動緩慢,摩擦熱並不大,雖然這兩支EMC都具有極高流動性

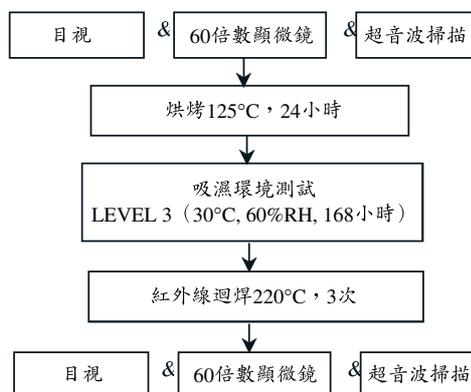
且轉移溫度亦不到10秒，但其所產生之摩擦熱亦屬有限；另外，流道中的樹脂除了與模具表面直接接觸的那一層以外，溫度約在130~140°C，相對的反應速率並不激烈，其放熱量也很有限。因此，澆道中樹脂的受熱來源應以模具表面的熱傳導為主。

可靠度檢測

由於材料吸濕及溫、濕度和應力之效應而致使元件損壞，都可能潛在地威脅著元件之可靠度。除了這些潛在危機外，傳統封裝在成型後，溫度、濕度、壓力與電壓的影響下，封裝體也常發生一些如翹曲變形、爆米花效應(Popcorn)、破損(Crack)、針孔(Pin Hole)、焊球腐蝕與共晶現象、金線偏移與斷裂及脫層(Delamination)的現象，所以唯有通過嚴格的可靠度檢測，才能確保元件的使用壽命。

而可靠度的測試依照不同的嚴格環境，可分為短期可靠度及長期可靠度兩部分。

短期可靠度部分，採用封裝完成之成品，選取外觀完整，上膠良好(>90%上膠面積且四面溢膠)之封裝體作為短期可靠度測試之試品，依照短期可靠度檢測實驗流程，如圖二所示，先將成品以60倍數顯微鏡觀察外觀完整性，並以超音波掃描檢測(SAT)內部有無脫層的現象，確定所有的成品皆完整後，再將成品置入烘箱中，以125°C烘烤24小時，取出後觀察成品的完整性。烘烤過後，將成品分別置於托盤中，置入恆溫恆濕機中，根據JEDEC JESD22A113A Level 3的標準條件30°C/30%RH 放置168小時，亦即置於架上七天後取出成品，確定外觀並無損毀後，再將成品置入紅外線迴



▲圖二 短期可靠度檢測流程圖

焊(IR-Reflow)機中，以220°C最高溫的迴焊條件過烤，重複3次，再將完成的成品以顯微鏡觀察，並以超音波掃描檢測內部有無脫層的現象，及以X-射線檢測內部有無金球腐蝕的現象。

長期可靠度部分，採用經過短期可靠度測試完成後仍未脫層之封裝成品，同樣的，先將成品以60倍數顯微鏡觀察外觀完整性，並以超音波掃描檢測(SAT)內部有無脫層的現象，確定所有的成品皆完整後，再將成品置入烘箱中，以125°C烘烤24小時，取出後觀察成品的完整性。

再將完整的成品根據JEDEC JESD22A113A Level C進行PCT (Pressure Cooker Test)：96小時、121°C、100%RH、15Psi；TCT(Temperature Cycle Test)：1000週期、-65(-10,+0)°C~150(-10,+0)°C；TST(Temperature Shock Test)：100週期、-55(-10,+0)°C~125(-0,+10)°C，待完成後再以超音波掃描以及X-射線檢測內部，是否有脫層及金球因應力腐蝕造成剝落等現象。

翹曲值

翹曲值量測是利用O.G.P.非接觸式

表二 短期可靠度量測後翹曲結果

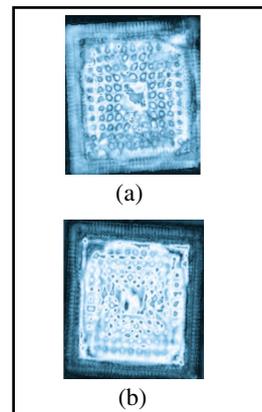
項目	Pkg A(μm)	Pkg B(μm)	Pkg C(μm)
CV-8500	90 \pm 2	79 \pm 2	76 \pm 2
CV-8700	63 \pm 2	47 \pm 2	43 \pm 2

表三 脫層的成品數

項目	Sample數	切片	Back	Moisture soak
CV8500	74	0/74	5/74	0/69
CV8700	73	17/73	0/56	0/56

表四 短期可靠度量測結果

Type	D/A Del. Area>50%	PKG Del. Area>50%	O/S/ Pass
CV8500	0/69(0%)	0/69(0%)	100% Pass
CV8700	0/56(0%)	0/56(0%)	100% Pass



▲圖三 短期可靠度量測後之SAT檢測圖，(a)CV-8500；(b)CV-8700

三次元量測儀所量測，其原理是利用量測平台的移動以及光學聚焦的方式，定義出所謂的X、Y、Z軸數據，量測結果如表二所示。其中各成品的翹曲值皆在合格標準100 μm 以內。

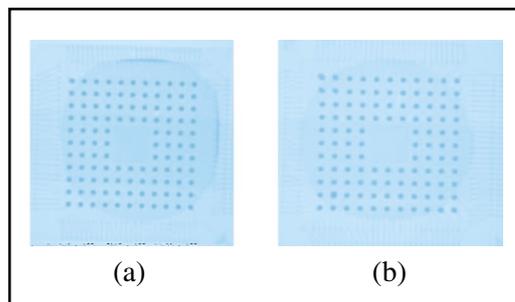
結果與討論

在短期可靠度方面，表三為脫層的成品統計，但在經過吸濕測試之前去除的成品，都能通過JEDEC JESD22A113A Level 3的測試條件；表四為短期可靠度量測結果。圖三為CV-8500及CV-8700的SAT檢測結果圖，並無脫層面積達50%以上之成品，所以確定通過JEDEC JESD22A113A Level 3的測試條件；在X-射線方面，也並無發現有任何金球腐蝕的情形，也通過JEDEC JESD22A113A Level 3的測試條件，結果如圖四所示。

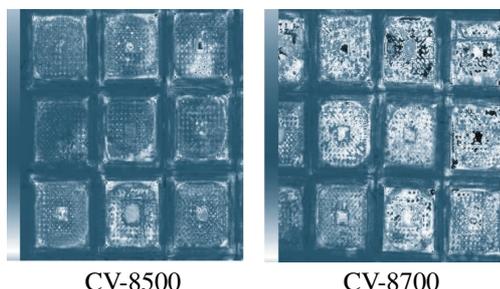
在長期可靠度方面，根據JESD22A113A Level C的標準，完成了包含PCT、TCT、TST等測試項目，結果如表五所示；在PCT及TST方面並無發現明顯應力腐蝕破壞的現象，如圖五、

表五 長期可靠度量測結果

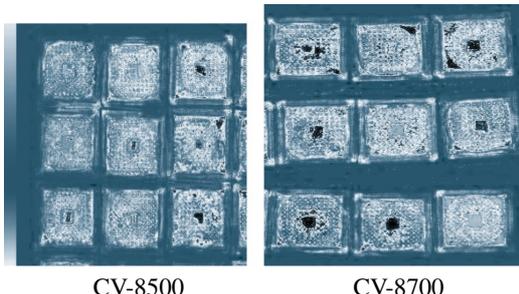
96(-0,+5)Hrs@121°C/100%RH/15Psig			
CV-8500		CV-8700	
Del>5	1/22	Del>5	0/18
1000cycle@-65(-10,+0) °C~150(-10,+0)°C			
CV-8500		CV-8700	
Del>5	0/22	Del>5	2/18
100cycle@-55(-10,+0) °C~125(-.0+10)°C			
CV-8500		CV-8700	
Del>5	1/22	Del>5	2/18



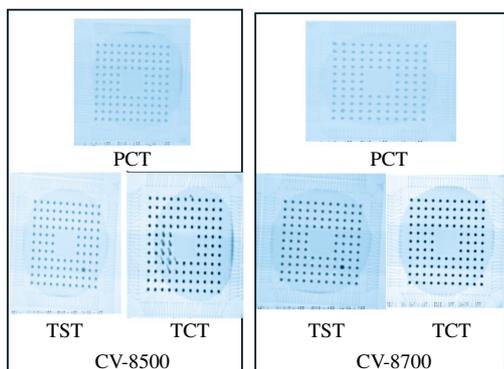
▲圖四 短期可靠度量測後之X-ray檢測圖，(a)CV-8500；(b)CV-8700



▲圖五 PCT後之SAT檢測結果



▲圖六 TST後SAT檢測結果



▲圖八 長期可靠度後X-ray檢測結果

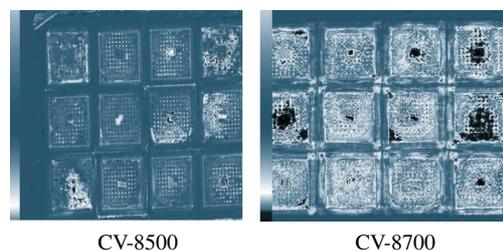
圖六所示，但在TCT方面發現已有少數成品（例如：CV8700）產生嚴重脫層的現象，如圖七所示。圖八則為X-ray檢測結果，無金球應力腐蝕破壞的現象。

結論

松下公司新開發的CV-8500及CV-8700這兩種EMC，經實驗驗證，發現該材料所封裝之CSP構裝體，通過JESDC的短期及長期可靠度測試。在翹曲值表現上，雖在合格標準之內，但並非如預期的接近無翹曲狀態。在製程上因材料本身的黏度較低，故在充模時間上皆須控制在10以內（約7~9秒），以防止充填未完全的現象發生。另外在合模壓方面為防止溢膠，必須提高合模壓力。

參考文獻

1. 邱以泰；陳泰源；胡應強；吳錦鏞；



▲圖七 TCT後SAT檢測結果，發現CV-8700中1-2、4-22的成品發生嚴重脫層的現象

賴淑湄，“Flex CSP材料應用與可靠度”，工業材料151期，pp. 152-168。

2. “軟板型CSP可靠度評估技術”報告，工研院工業材料所電子有機組，2000。
3. Matsuhita Electric Works, Ltd., “Epoxy Encapsulation Materials for CSP/BGA CV8500/CV8700 ”
4. Masazumi Amagai, “Characterization of chip scale packaging materials”, Microelectronics Reliability 39(1999), pp. 1365-1377.
5. Geok-Leong Tan, Chuan-Yau Hoo, Gerard Chew, Jim-Hee Low, Nam-Beng Tay, K.K. Chakravorty, Thiam-Beng Lim, “Reliability Assessment of BGA Packages”, 1996 Electronic Components and Technology Conference, pp. 687-693.