

# 異方性導電膜在智慧型標籤的覆晶製程之研究

張天國\* 楊志輝\*\*

飛信半導體股份有限公司

\*產品開發部 經理

\*\*研發處 副總經理

## 摘要

無線射頻辨識器(Radio Frequency Identification; RFID)，廣泛應用在非接觸式卡或智慧型標籤(Smart Label)上，是一種以射頻感應方式來達到讀取資料的產品，只要結合讀取資料的讀取機(Reader)和電腦(PC System)連線，就可一次偵測出並自動讀取多筆甚至數十筆資料，其辨識及讀取資料的速度既快且不易出差錯，可廣泛應用在零售商、量販店的貨物管理、旅行行李傳遞管理、牲畜身分與健康的管理，及圖書館書籍、CD的分類、編號、出借等管理。然而，如何使產品在封裝製程上更能符合輕、薄、短、小的需求，尤其在智慧型標籤方面，主要材料都是以高分子為基礎，材料分佈廣泛、取得容易，且價格又便宜，但在封裝製程上仍有些技術有待克服，本文即針對覆晶熱壓技術搭配異方性導電膠膜材料的封裝製程作介紹。

## 關鍵詞

無線射頻辨識器(Radio Frequency Identification; RFID)、覆晶(Flip Chip)、智慧型標籤(Tag/ Smart Label)、異方性導電膠膜(Anisotropic Conductive Film; ACF)

## 簡介

無線射頻辨識器(RFID)的系統包括詢答器 (Transponder，智慧型標籤)、資料讀取器及主機電腦。詢答器

包括一異頻收發儀與 (天線加上一顆 IC)。讀取器則包括一天線、射頻模組與控制模組，如圖一所示。

智慧型標籤是利用無線射頻(RF)與讀卡機進行雙向數據傳輸，有效距

離從1mm到數米(m)不等。其電源是依賴讀卡機發射之無線射頻感應引起<sup>[2]</sup>。目前智慧型標籤主要的射頻頻率有：低頻（125KHz、傳輸距離<10cm）、中頻（13.56MHz、傳輸距離<70cm）、高頻（2.45GHz、傳輸距離<500cm），如表一所示。所應用的智慧型標籤尺寸從76×45mm到7×7mm，甚至更小的尺寸，總厚度約為0.3mm，又可隨意彎曲且不易損壞，只是比較不耐高溫環境。

目前智慧型標籤主要由一顆RFIC與一天線Inlay的基材薄膜接合而成，

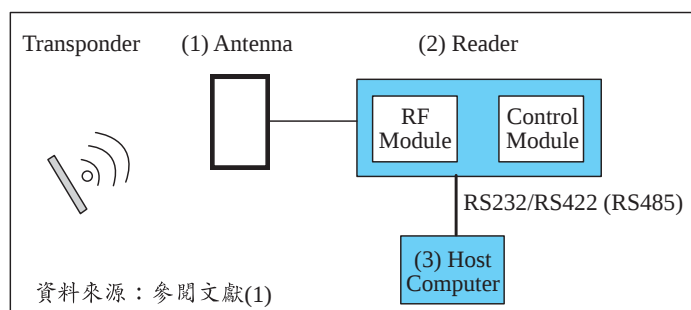
如圖二所示。接合的方法，目前主要有打金線(Gold Wire Bond)與覆晶(Flip Chip)二種方式<sup>[3]</sup>，且此產品都是以捲帶式(Reel to Reel)的封裝方式進行，產品符合輕、薄、短、小的需求。為了達到產出快速及品質穩定的目的，本章即針對異方性導電膠膜材料與Flip Chip封裝製程做一探討。

### 製程實驗

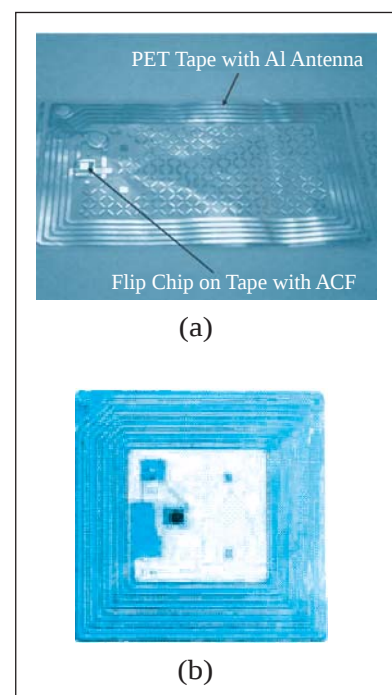
Smart Label製程如表二所示，覆晶熱壓法主要分為兩階段製程，其動作方式如圖三所示<sup>[4]</sup>。第一階段異方性

表一 智慧型標籤在不同等級射頻的應用

| RF Frequency | Characteristic                                                                   | Transmit Length |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 125KHz       | Read Distance between Short to Middle Length<br>Cheap Price<br>Read Speed Lower  | <10cm           |
| 13.56MHz     | Read Distance between Short to Middle Length<br>Cheap Price<br>Read Speed Middle | <70cm           |
| 2.45~5.8GHz  | Read Distance Long Length<br>Expensive<br>Read Speed High                        | >500cm          |



▲圖一 無線射頻辨識器應用系統



▲圖二 智慧型標籤的天線尺寸示意圖(a) 76×45mm；(b) 14×14mm

導電膠膜(ACF)預貼，吸膠頭吸取ACF 貼合在天線的基材接觸點處，此階段溫度顯示在工作平台上，溫度不宜過高，否則會易造成膠熔，影響到吸膠頭的真空孔因沾膠而阻塞，一般設定溫度在70-90°C之間。

第二階段為覆晶熱壓，將晶粒覆晶黏貼於異方性導電膠上，且熱壓頭快速加溫，使在很短的時間內讓黏膠裡的導電粒子(Conductive Particle)因受熱降低黏度而流動，致使晶粒上的金凸塊和基材(PET)上的天線接觸點，經ACF的導電粒子接觸完成電路導通。經Reader測試，Sample可通過6cm以上的傳輸距離即是Pass，如表三所示。其熱壓頭的溫度，一般設定在180~200°C之間。

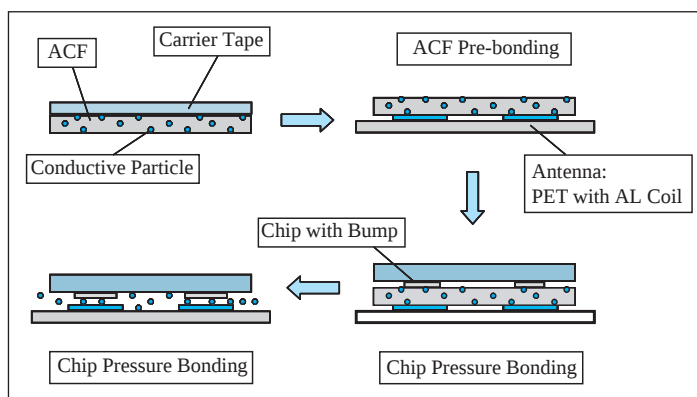
但是也需要適當的壓力參數去定義，接合壓力必須與接合條件適度搭配，若接合壓力過高，將導致天線接觸點或金凸塊變形，造成接觸點有間隙存在，或因壓合速度太快，使導電粒子受壓擠而快速流動，呈現不規則分佈，甚至流失至金凸塊接觸面積之外，致使只有很少量的導電粒子留在接觸點內，使電路電阻值過大而導通不良，如圖四所示。

表二 智慧型標籤在覆晶製程的流程

| Main Process               | Material          |
|----------------------------|-------------------|
| Wafer Pre-test             | Chip              |
| ↓                          |                   |
| Wafer Grinding             |                   |
| ↓                          | Antenna Substrate |
| Wafer Sawing (Chip)        |                   |
| ↓                          | ACF               |
| ACF Pre-heat               |                   |
| ↓                          |                   |
| Flip Chip Thermal Pressure |                   |
| ↓                          |                   |
| Function Testing           |                   |
| ↓                          |                   |
| Packing                    |                   |

表三 實驗過程中的主要參數

| Method            | Material                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Temperature | Force    | Time    |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|---------|
| Pre-bonding       | Antenna<br>ACF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 70~90°C     | 100g     | 1~2 sec |
| Flip Chip Bonding | Chip (GB)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 180~200°C   | 150~200g | 3~5 sec |
| Testing           | <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Smart Label</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Reader</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">6~10cm (Reading Distance)</p> |             |          |         |



▲圖三 覆晶製程使用異方性導電膠的方式

造成電路短路或斷路，一般設計接合壓力會與導電粒子大小有很大關聯，其金凸塊與天線接觸點的間隙應小於導電粒子大小，其IC晶粒表面與天線接觸點的最小間隙應大於導電粒子大小。當晶粒上的金凸塊越多時，所需接合壓力也要越大。一般參考設定接合壓力值，每一金凸塊接觸點為70~100g左右。

如覆晶熱壓的接合時間太短，會造成黏不住（ACF的高分子還未反應完成）而容易脫晶。時間太長則容易使天線基材因受熱而導致膨脹或變形，造成對位(Alignment)問題，或ACF的高分子反應完成呈硬化現象而沒有黏性，致使IC晶粒黏不住。所以會依ACF材料特性的不同，設計的時間參數也有所不同。一般參數ACF預貼設計為

1~2秒，覆晶熱壓設計為3~5秒。

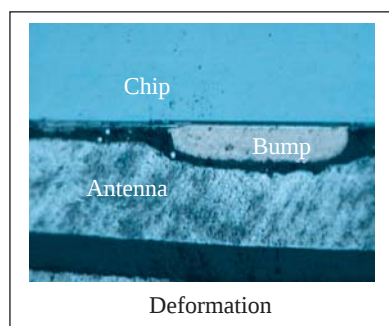
## 結果與討論

如表四所示，智慧型標籤主要結構敘述如下。

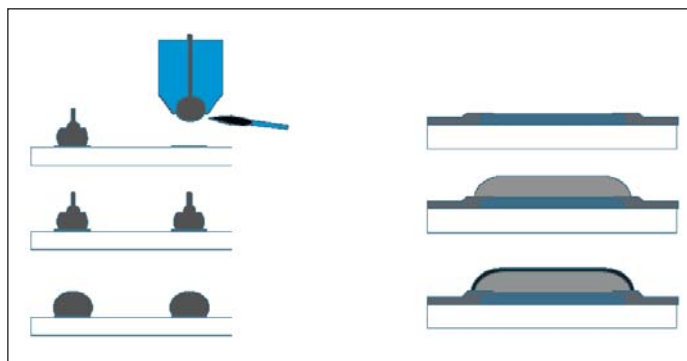
(一)IC晶粒：設計為兩個接觸點的金凸塊，且為兩種不同種類金凸塊，如圖五所示。其一為Gold Plating Bump，面積為 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ ，厚度為 $20 \mu\text{m}$ ，此形狀為金凸塊廠一般製程。其二為Stud Ball Bump，圓直徑為 $100 \mu\text{m}$ ，厚度為 $40 \mu\text{m}$ ，其製程係利用

表四 智慧型標籤的主要材料規格

|               | Information                    | Condition                                                                                             |
|---------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chip          | RF-13.56MHz                    | Chip Size: $2 \times 2 \times 0.18 \text{mm}$<br>Gold Bump: $100 \times 100 \times 20 \mu\text{m}$    |
| Antenna Inlay | Size: $76 \times 45 \text{mm}$ | Substrate: PET(Thickness $50 \mu\text{m}$ )<br>Antenna Wire: Al(Thickness $35 \mu\text{m}$ )          |
| ACF           | M-type                         | Film Thickness: $40 \mu\text{m}$<br>Particle Size: $5 \mu\text{m}$ (Ni-particle)<br>Rectangular Grid  |
|               | S-Type                         | Film Thickness: $40 \mu\text{m}$<br>Particle Size: $5 \mu\text{m}$ (Ni-particle)<br>Random Distribute |



▲圖四 晶粒與天線之間的隙縫變形



▲圖五 金球凸塊(SBB)與電鍍金凸塊

打線機的植球功能製作成為金凸塊。因為金屬的特性中，金的導電性最佳。又因考量要符合產品輕、薄特性，故IC晶粒須研磨至厚度很薄約 $180\mu\text{m}$ ，而且須考量金凸塊凸出面所帶來的壓應力，而造成晶圓(Wafer)的破裂風險。

(二)天線設計：為鋁箔與PET薄膜基材，經黏貼壓合後，再將鋁箔蝕刻成設計的天線線路形狀，因鋁的表面經長時間催化，其表面會產生一層約 $0.1\sim 0.3\mu\text{m}$ 的氧化鋁，就不再繼續氧化，由於鋁有此種特性，所以選擇氧化腐蝕較輕微的鋁為電路金屬。其鋁線的厚度為 $50\mu\text{m}$ ，PET薄膜基材的厚度為 $50\mu\text{m}$ 。因厚度薄面積大，在傳送製程上很容易產生變形或彎曲，故使用捲軸方式傳送天線薄膜基材，是較為穩定的製程方式。

(三)異方性導電膠膜材料：一般是由一定添加量的導電粒子均勻分佈在環氧樹脂材料中，以B-stage的薄膜形式存在，其膠膜厚度約為 $15\sim 40\mu\text{m}$ ，當將ACF黏貼於IC的金凸塊與天線薄膜線路接觸點之間後，利用適當的壓力、溫度及時間，使得環氧樹脂材料的黏度降低而開始流動並快速壓合，而使得導電粒子與金凸塊及天線上的鋁線接觸點壓合接著，而只做單一方向(Z)的電性導通，其它方向(XY)則不導通。

關於異方性導電膠膜<sup>[5][6]</sup>主要是由環氧樹脂（樹脂Binder）、硬化劑及導

電粒子所組成。

(1) 樹脂Binder：主要的功能是控制濕氣、黏度接著強度、耐熱及絕緣等功能。其大致可分為熱塑性或熱固性材料，常見的有Epoxy、PEI、PI等高分子。

(2) 導電粒子<sup>[7]</sup>：一般為金屬粉末，如銅，銀、鎳或表面塗佈金屬之樹脂粒子，其形狀有片狀、樹枝狀、粒狀、球狀。常見的粒徑範圍約在 $3\sim 10\mu\text{m}$ ，其含量約佔ACF體積的 $5\sim 10\%$ 。

有關其它導電粒子組成結構之相關資訊，請參閱參考文獻 [8~9]。

此實驗製程設計是使用新形式熱固性的ACF(M-type)薄膜，與一般的ACF(S-type)薄膜作比較，其厚度為 $40\mu\text{m}$ 。當壓合接著時，其多餘的絕緣環氧樹脂可完全填滿天線線路的間隙，且可完全封住整顆IC晶粒，省略後製程(Under Fill)的步驟，而節省許多製程時間。如圖六所示，M-type因導電粒子在膠膜上採用二層鋪設（上層導電粒子，下層為絕緣樹脂）且每隔 $25\mu\text{m}$ 的陣列排列，其粒徑平均為 $4\sim 5\mu\text{m}$ ，趨近圓形而外形呈不規則的Ni-particle，這種形狀更容易穿刺鋁線層。此種排列更可增加導電粒子接觸面積的數量，而又能穩定的分佈在接觸點上，可改善以前ACF材料導電粒子分佈不均的缺失，如圖七所示。Sample經 Peeling的分析，可明顯看出雙層膠膜與一層膠膜附著在金凸塊上

的導電粒子數量的差異。

然而，從實驗中得知<sup>[10]</sup>，其雙層膠膜經製程結束，附著在金凸塊上的導電粒子數量，其穩定性比單層膠膜為高，但若製程方向不一樣，其附著在金凸塊上的導電粒子數量也會隨著改變，導電粒子朝上方向與朝下方向黏著，會因金凸塊壓合距離差異，而對其製程後的結果影響甚鉅，如圖八所示。

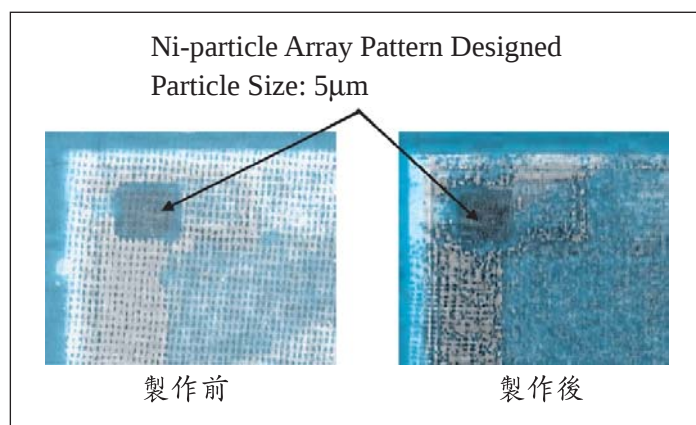
從流變儀分析出ACF(M-type)材料黏度的特性，如圖九所示，樹脂（高分子）鏈開始反應時的溫度是85°C，到達120°C時急速硬化。其黏度最低、流動率最佳時點為溫度107°C，這些數據是製程參數設計的重要依據。

(四) 環境可靠度試驗  
如表五所示，經由TCT & THT可靠度驗證，

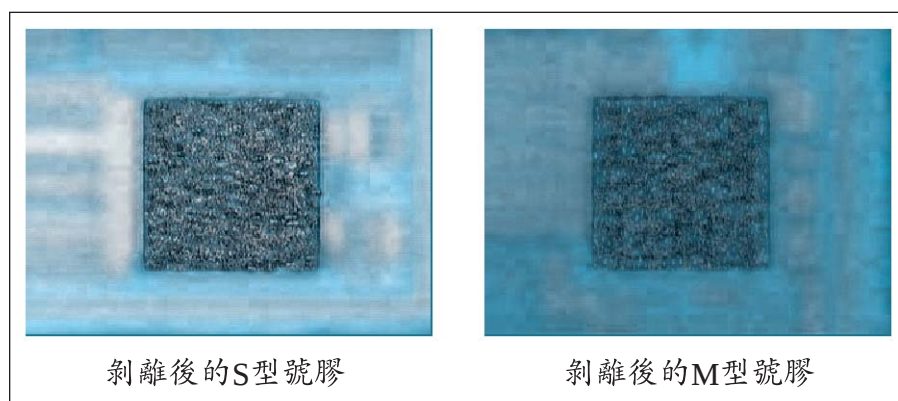
在高溫、高濕環境下，經500hrs後，出現Sample Failure；從SEM分析得知，如圖十所示，由於樹脂及導電粒子間的熱膨脹係數不同，當大氣環境改變之下（高溫、高濕），經長時間後，在電路導通連結上與ACF的導電粒子之間會產生缺口，導致Sample的電性連接不良。

## 結論

### 1. 覆晶熱壓參數之設計



▲圖六 鎳粒子分佈在金凸塊表面



▲圖七 兩種異方性導電膠的導電粒子分佈比較（彩色圖片參見目錄頁）

表五 高濕溫與高低溫的環境測試

Smart Label Temperature Humidity Test (60°C/95%RH)

| Before Reliability  |        |             | Cs          | Rs          | Q    |
|---------------------|--------|-------------|-------------|-------------|------|
|                     |        | Pass        | 500~600(pF) | 500~600(kΩ) | 0.48 |
| THT Test            | Sample | Reader Test | Cs          | Rs          | Q    |
| 100hrs              | 0/7    | Pass        | -           | -           | -    |
|                     |        | -           | -           | -           | -    |
| 300hrs              | 1/7    | Pass        | -           | -           | -    |
|                     |        | Fail        | 38.2pF      | 98kΩ        | 41   |
| TCT Test (-25~85°C) |        |             |             |             |      |
| TCT Test            | Sample | Reader Test | Cs          | Rs          | Q    |
| 100cycle            | 0/7    | Pass        | 532(pF)     | 565(kΩ)     | 0.54 |
| 300cycle            | 0/7    | Pass        | 504(pF)     | 605(kΩ)     | 0.63 |

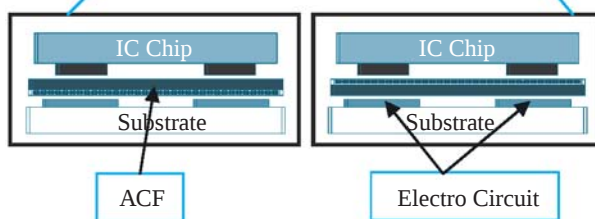
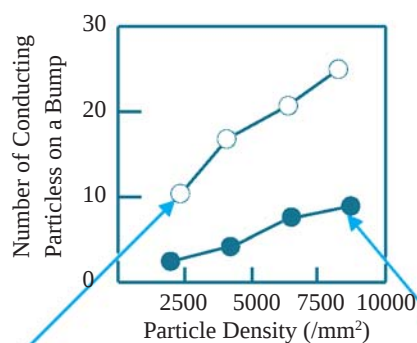
製程參數面，材料的特性分析是製程參數設計在實驗中不可或缺的依據，尤其PET基材不耐高溫( $T_g$  80°C)，所以參數的設計非常重要，應從材料分析配合量測儀器的檢測，以提高製程能力。

## 2. 天線與金凸塊的接觸界面分析

覆晶後的接著強度，需做切片研磨試驗，方可確定導電粒子在兩者之間的接合狀況，且在經過高溫、高溼的可靠度試驗後，才能驗證其接著強度。

## 3. 黏著材料(ACF)的選擇

①異方性導電膠仍需要在低溫儲存，以保持其特性的安定性。

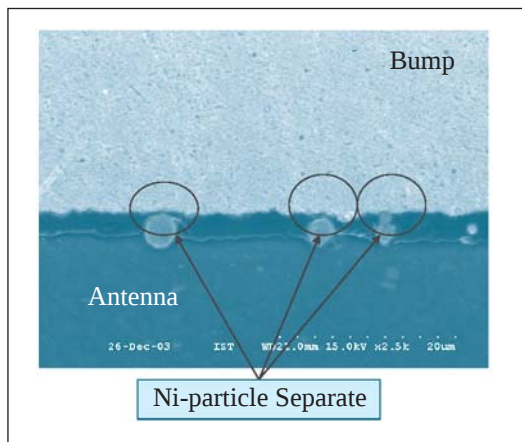
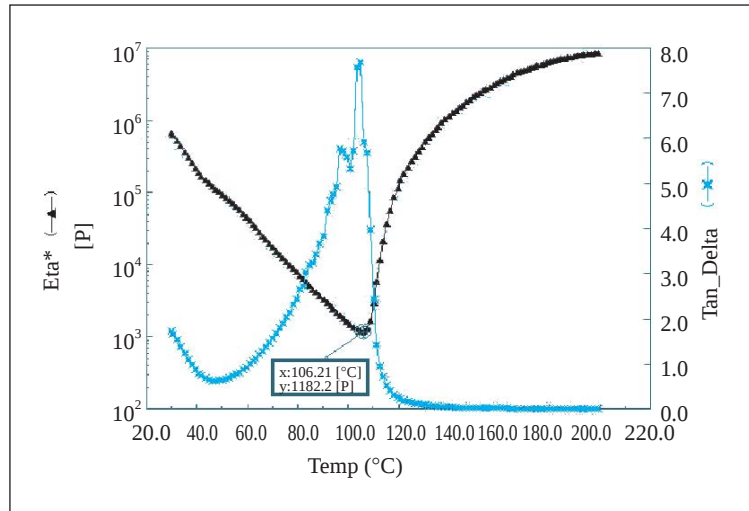


資料來源：參閱文獻[10]

▲圖八 雙層的異方性導電膠其上下方向黏貼不同在金凸塊與晶粒造成的電性影響

②如何提昇異方性導電膠的接著強度以及降低膠材吸水率，是未來須探討的方向。

►圖九 流變儀分析異方性導電膠的特性



▲圖十 經過高濕溫度測試後的失敗樣品

③ACF材料中導電粒子的充填率及樹脂流動率、硬化特性，將影響到製程能力，須再研究探討。

### 參考文獻

1. Susy d'hont, Texas Instrument TIRIS, "The cutting edge of RFID technology and application for manufacturing and distribution", p2.

2. AIM. Inc. white paper, "Radio Frequency identification, RFID. A basic primer", version 1.11, Sep, 28, 1999
3. 電子與材料雜誌第17期. "智慧型標籤封裝簡介"
4. IEEE Trans. Comp., Package, Manufact. Technol. C, vol. 20, Apr. 1997.
5. Li L and Treliant F. Anisotropic conductive adhesive films for flip chip on flex packages. Proceedings of the 4<sup>th</sup> IEEE Conference on Adhesive Joining and Coating Technology in Electronics Manufacturing, 2000.
6. 工業材料雜誌 2002年 7月.
7. Kazuo Ishibashi and Jun Kimura. A new anisotropic conductive flim with arrayed conductive particles. IEEE transactions on components package, and manufacturing technology - part B, VOL, NO. 4, November 1996.
8. 工業材料雜誌第147期, 88年3月, "異方性導電膠材料技術與應用".
9. 工業材料雜誌第175期, 90年7月, "異方性導電膠材料技術及其在覆晶構裝上的技術探討".
10. K.Takemura, N. Shiozawa, and T. Ohta, "Double-Layer Anisotropic Conductive Adhesive Films," 1995 Display Manufacturing Technology Conference, Digest of Technical Papers.