

# 智慧型標籤封裝之簡介

楊志輝\* 伍明華\*\* 郭厚昌\*\*\*

飛信半導體股份有限公司

\*品管暨技術處 處長 \*\*技術開發部 資深經理

\*\*\*主任工程師

## 摘要

智慧型標籤(Smart Label)是一種以射頻感應方式達到資料讀取的產品，可以取代現有條碼系統(Bar Codes System)，只要結合資料讀取器(Reader)與電腦主機(Host System)，就可以一次自動判讀數十筆資料，免去條碼系統必須尋找條碼並一一掃描等費時的工作。然而，目前離取代條碼系統還有一段距離，主要原因為成本太高，因此，如何製造出低成本的智慧型標籤，將是最重要的課題。

## 關鍵詞

智慧型標籤(Smart Label)、條碼(Bar Codes)、無線電波辨識器(Radio Frequency Identification, RFID)、異方性導電膠膜(Anisotropic Conductive Film, ACF)、異方性導電膠(Anisotropic Conductive Paste, ACP)、塑膠晶片(Plastic IC)

## 前言

你曾經有過在超級市場買東西結帳大排長龍的經驗嗎？或者你是書店的員工，面對每週、月、年底的盤點，總是大皺眉頭？Nokia手機廣告有一名詞「科技始終來自於人性」，正因為有上述不便，才会有智慧型標籤產

品的出現，它可以讓你所購買的一整推車的物品，在你推著車通過感應讀取器的同時完成計價動作，節省許多排隊等候的時間；同樣地，它也可以讓從事需要清點大量物品工作的人，只需手持一支無線電波辨識器RFID接收棒走過貨架附近，就可以在短時間內完成盤點的工作，既輕鬆省時又不

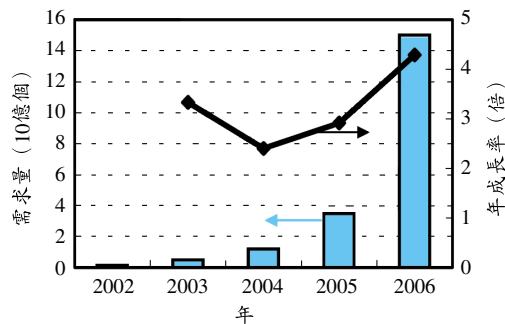
易出錯。甚至，當你將RFID和可以同步感應、記錄、傳遞物品資訊的微感應器或微機電(Micro-electro-mechanical system, MEMS)加以結合，就能隨時確認貨品處理或儲存的現狀，所以你可以檢查生鮮食品新不新鮮、啤酒的溫度、或是精密器材是否遇濕受潮<sup>(1)</sup>。除了上述的優點外，智慧型標籤尚有防偽、保密、安全等特性，都在在顯示出智慧型標籤將是未來生活中不可或缺の明星產品。

### 市場分析

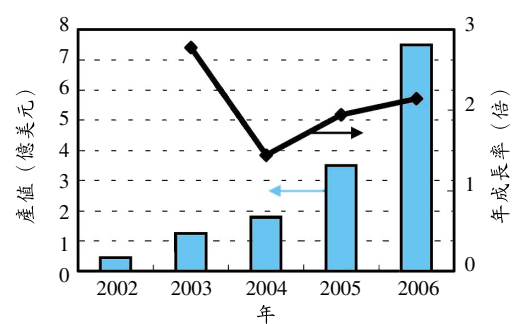
圖一、二是AMR Research於2002年所預估智慧型標籤在未來幾年全球的需求量與產值，由圖中可以看出，智慧型標籤在2006年前的年成長率都在2.4倍以上，尤其在2006年更高達4.3倍，爆發力驚人；另外，雖然其單價從2002年的0.3美元大幅降至2006年的0.05美元，但由圖二可看出，其產值的年成長率卻仍在1.5倍以上，前景可期。

目前智慧型標籤主要的射頻頻率及供應商如表一所示，大部份皆為IDM公司，如Philips、TI、Hitachi、Infineon等，亦有設計公司，如Inside、Doestek等；另外，由表中可以看出13.56MHz是各公司發展的主流。

由於智慧型標籤的最終目標是要取代條碼，因此其單價必須很低才行。表二概略列出智慧型標籤在不同應用領域所需達到的目標單價，由表中可看出，若要取代條碼，單價必須低於0.01美元，且年需求量必須達到兆個以上。實際上，目前全世界的條碼需求量約為每天50億個，也就是年需求量約1.8兆個，而8吋矽晶圓的產量每天約15萬片，換算成1mm×1mm的晶粒約30~40億顆<sup>(2)</sup>，以每年10~15%的成長率估算，也無法在短期內滿足取代條碼系統的需求；另外，在價格方面，包括IC、天線與封裝測試等成本，根本不可能達到0.01美元的目標，亦即，現有成熟的矽晶片技術無論在產量或價格上，都無法滿足智慧型標籤條碼化的目標。因此，有賴新技術的開



▲圖一 智慧型標籤預估需求量



▲圖二 智慧型標籤預估產值

發，本文也將對新技術做簡略的介紹。

### 原理與應用

無線電波辨識器(RFID)系統包括詢答器 (Transponder, 智慧型標籤即為其一)、資料讀取器及主機電腦。詢答器包括一天線 (Antenna)與一顆IC；讀取器則包括一天線、射頻模組與控制模組。無線電波辨識器的基本工作原理為：當詢答器在讀取器的磁場感應範圍內時，會在共振頻率感應出一電壓，此電壓促使詢答器上的IC作動，將IC內的資料經由天線再以電磁感應的方式傳遞給讀取器的接收端，然後再透過與主機電腦間的連接線，將資料交由主機電腦處理。圖三為其示意架構圖。

無線電波辨識器系統應用廣泛，更包含了多種不同頻率，在智慧型標籤方面主要有125 KHz、13.56MHz、862~968MHz及2.45~5.8GHz，不同頻率的智慧型標籤之特性與基本應用並不相同，大概如表三所示。

### 封裝簡介

目前較成熟的智慧型標籤主要由一顆RF IC (主要供應商見表四) 與一

表一 智慧型標籤主要的射頻頻率及供應商

射頻頻率	125~134KHz	13.56MHz	862~968MHz	2.45GHz
供應商	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Sokymat</li> <li>•EM Microelectronic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Gemplus</li> <li>•SCS</li> <li>•Checkpoint</li> <li>•Philips</li> <li>•TI</li> <li>•Inside</li> <li>•Legic</li> <li>•Infineon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Intermec</li> <li>•SCS</li> <li>•Matrics</li> <li>•Bistar</li> <li>•TI</li> <li>•Doestek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Intermec</li> <li>•SCS</li> <li>•Hitachi</li> </ul>

資料來源：The RFID Summit 2001

表二 智慧型標籤於不同應用領域的目標單價

智慧型標籤單價	年需求量	應用領域
美金1.0元	百萬個	車輛通行 門禁管制 大眾運輸 貨架追蹤 (重覆使用)
美金0.3元	億個	電子玩具 高價值保密文件 行李處理 貨箱追蹤 (重覆使用)
美金0.1元	十億個	電子車票 貨箱追蹤 較高價的物品追蹤 (不可重覆使用)
美金0.02元	百億個	較低價的物品追蹤 (不可重覆使用)
低於美金0.01元	兆個	取代條碼產品 智慧型郵票 (不可重覆使用)

資料來源：IDtech, 2002

表四 智慧型標籤射頻晶片的供應商

射頻頻率	13.56MHz	2.45GHz
供應商	<ul style="list-style-type: none"> <li>Philips (I-Code / Mifare)</li> <li>TI (Tag-it)</li> <li>Inside (Picotag)</li> <li>Infineon (my-d)</li> </ul>	Hitachi (mu-chip)

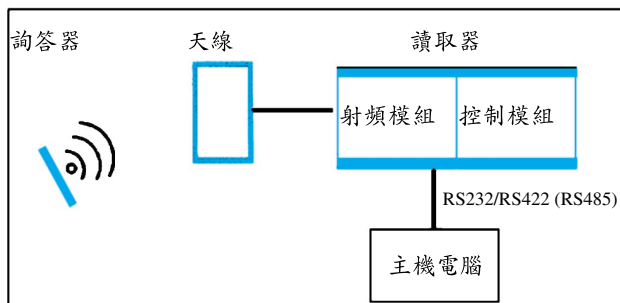
表三 不同頻率的智慧型標籤之特性與基本應用

射頻頻率	特性	基本應用
125KHz	讀取距離短到中等 便宜 讀取速度低	門禁控制 動物識別 物流管理
13.56MHz	讀取距離短到中等 稍貴 讀取速度中等	門禁控制 智慧卡 物流管理 防偽
862~968MHz 2.45~5.8GHz	讀取距離長 貴 讀取速度快	道路車輛監測系統 道路電子收費

資料來源：參考文獻<sup>(4)</sup>

表五 軟板相關製程及材料

主要製程	材料
晶片測試 晶背研磨 晶圓切割 黏晶 打線 點膠 烘烤 功能測試 包裝	晶粒、天線軟板、非導電膠 金線 液態膠



▲圖三 無線電波辨識器之示意架構圖  
資料來源：參考文獻<sup>(3)</sup>

上有天線線圈的薄膜接合而成，接合的方法主要有打金線 (Gold Wire Bond)、捲帶承載 (Tape Carrier Package, TCP) 與覆晶 (Flip Chip) 三種方式，且此產品都是以捲帶式 (Reel to Reel) 封裝方式進行，以達到產出快及低成本的目的。本章將針對此三種封裝方式，就材料與技術上所應注意的問題做一概述。

### 一、打金線封裝

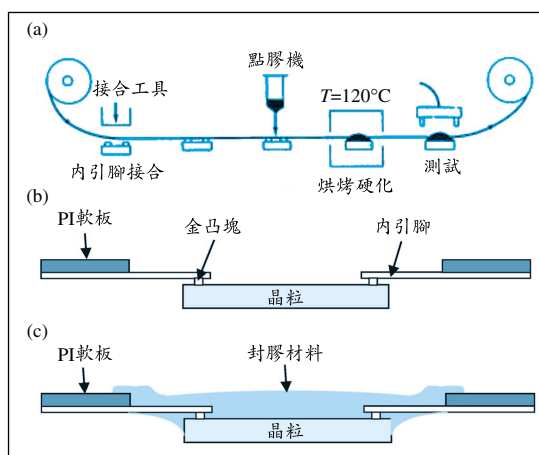
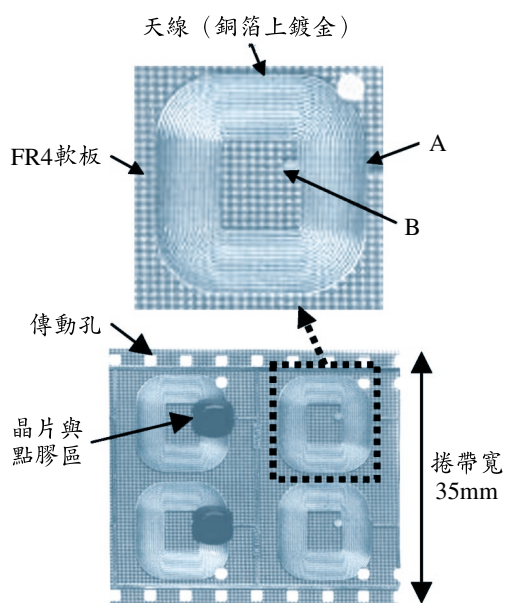
#### (一) FR4/FR5/G10軟板

這是一種最常見的封裝方式，在此產品的應用上，其製程大略如表五。

其中由於銅線圈上並無綠漆 (Solder Resist) 等非導電材料絕緣，故黏晶時需使用非導電膠；而在打線方面，則僅有兩條金線分別接至天線的A與B兩個接點，如圖四。這種封裝方式的主要缺點為成品總厚度通常在0.6mm左右，約為覆晶封裝的兩倍；此外，因為天線尺寸較小，在13.56MHz的頻率下，讀取距離較短，一般約10至30公分左右。

在成本方面，使用的軟板材料為較低價的FR4/FR5/G10等，電路金屬為銅箔，由於需要打金線，所以必須在銅箔上鍍金，主要供應商有IBI、PLL、FCI、Heraeus、Hitachi Cable及台郡。


#### (二) 金屬基板 (Leadframe)



▲圖五 (a)捲帶承載封裝之製程、(b)內引腳接合(ILB)及(c)點膠之示意圖

◀圖四 FR4/FR5/G10基板之打線封裝

表六 Hitachi Mu-Chip的智慧型標籤資料表

產品	型式	外觀	尺寸
鑲嵌片(Inlet/Inlay) (Mu-Chip結合外部天線)	WB-1, ILB-1	 (WB-1 Model)	56×4.75mm

資料來源：<http://www.hitachi.co.jp/Prod/mu-chip/p0004.html>

對於高頻的智慧型標籤，如2.45或5.8GHz的產品，其天線設計不需如低頻者需由很多圈線圈構成，而是片狀天線，所以可以選擇低阻抗又低單價之捲帶式金屬基板做為天線基板材料，表六是由Hitachi網站所下載的資料，其中型式WB-1即是此類的封裝產品，成品總厚度約0.5mm。其製程與前述之FR4/FR5/G10軟板完全相同，唯一需特別注意的是：由於其為高頻產品，所以對打金線的弧形及長度要求較為嚴格；此外，在2.45GHz頻率下其讀取距離約30公分。

在成本方面，由於此種產品的晶粒很小(0.4mm×0.4mm)，再加上又使用便宜的金屬基板封裝，所以成本相較之下低很多，頗具競爭力，但讀取系統的成本相對較高。

## 二、捲帶承載封裝

由表六，Hitachi的Mu-chip IC另一型式ILB-1，即是使用捲帶承載封裝(其示意圖如圖五所示)，其天線材料與一般驅動IC捲帶承載封裝所使用的軟板相同，亦即是PI軟板與銅箔上鍍

表七 各種覆晶接合的特性表

	Au-Sn	Au-Au	Au-Al	ACF	ACP	NCP
接合力(克/凸塊)	20~40	20~40	20~40	10~100	10~100	10~100
接合時間(秒)	0.3~2.0	0.3~2.0	0.3~2.0	<10	3~5	3~5
接合吸頭溫度(°C)	450~550	<550	<550	<250	200~300	200~300
接合平台溫度(°C)	80~130	<200	<260	70~100	70~100	70~100
凸塊最小間距(微米)	<45	<45	<45	60	60	<45
對高溫高濕的信賴性	○	○	○	△	△	△
低接合溫度	△	△	△	○	○	○
氣泡殘留	○	○	○	△	X	X
底膠填充	是	是	是	否	否	否

○ 優 △ 尚可 X 差

錫。但因PI軟板材料較貴，且以內引腳接合方式(Inner Lead Bond, ILB)生產，產出慢，成本較高，約比上述之金屬基板封裝貴，不具競爭力。所以，儘管Hitachi已有此產品的原型出現，但仍無法商品化。

### 三、覆晶封裝

智慧型標籤是一種大量、低單價及信賴性要求較不高的產品，所以使用的封裝材料也要以低價為主。因此，在基材薄膜部份就不能選擇耐高溫卻高價的PI，只能使用低價的PET，但因為PET的玻璃轉換溫度(Tg)多在120°C以下，由表七可看出一般的熔接接合(Eutectic Bonding)並不適用於此產品的封裝。另外，也是為了成本考量，所以不可能在大面積的天線上鍍金，使得非導電膠(Non-Conductive

Paste, NCP)也不適用。只剩下異方性導電膠膜及異方性導電膠適用於智慧型標籤的覆晶封裝。至於異方性導電膠膜及異方性導電膠的相關技術介紹，請參考工業材料第147期(1999年3月)第93頁至98頁及第187期(2002年7月)第104頁至111頁)，在此就不贅述。

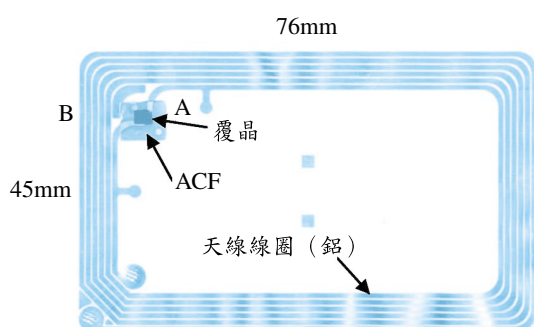
通常電子元件的電路金屬為銅，表面都會鍍金防止氧化，否則裸銅在空氣中會因氧化及濕氣而腐蝕，隨時間增加一層層慢慢剝落，嚴重者甚至造成斷路。由於銅有此種特性，且智慧型標籤的天線，因成本考量並沒有鍍金保護，所以電路金屬便捨棄銅，而選擇氧化腐蝕較輕微的鋁。總之，鋁箔與PET膜黏合後，再將鋁蝕刻成設計的天線形狀，就成了智慧型標籤的天線軟板材料。

已知的此種天線供應商有Hitachi-



表八 智慧型標籤封裝材料的相關資料表

	天線軟板	ACF	ACP
材料	PET及鋁箔	B-stage的膠膜內含 10 $\mu$ m以上的鎳顆粒	液態膠內含10 $\mu$ m 以上的鎳顆粒
厚度	PET:50 $\mu$ m 鋁箔：18~35 $\mu$ m	鋁箔：18~35 $\mu$ m	
尺寸	單片天線尺寸主要有三種 22.5×38mm 45×45mm 45×76mm	有特定寬度（依需求 及各供應商而定）	



▲圖六 ACF封裝之智慧型標籤成品

hitec、Lucatron及NGI，都是國外廠商，國內廠商所能提供的都是銅線路的製品，這也是無法降低材料成本的因素之一。另外，在異方性導電膠膜及異方性導電膠的供應商部份，則包括Sony、Hitachi-chemical、Toshiba及Nippon Graphite Industries等。表八列出所有材料的相關資料，供大家參考。

圖六是以ACF封裝之智慧型標籤成品，其中天線A與B點在天線軟板製造過程中即已自軟板背面連接完成。

而其封裝製程大略如表九，且為

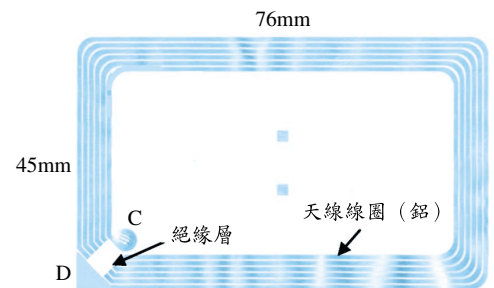
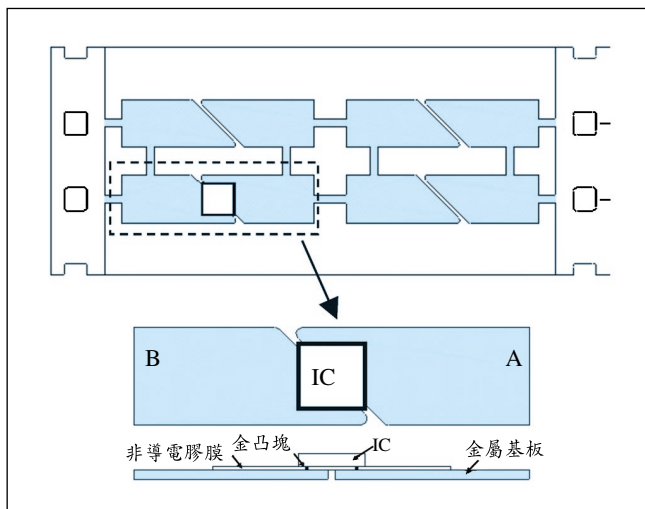
表九 以ACF封裝之智慧型標籤之封裝製程

主要製程	材料
晶片測試 晶片研磨 晶圓切割 ACF預貼 覆晶 熱壓 功能測試 包裝	ACF、天線軟板 晶粒

捲帶式軟板。

此種產品的頻率為13.56MHz，讀取距離高達1公尺以上。此外，若使用ACP封裝，其封裝成本可再降低，但由於晶粒又薄(0.18mm)又小（小於2mm×2mm），因此，點膠量的控制為最大的挑戰，膠量不夠產品會失效；膠量太多則會造成熱吸頭沾膠，導致停機，嚴重者整個熱吸頭就得報廢，不得不慎。

由於此種產品對覆晶封裝的定位



▲圖八 使用中介片接合封裝之天線軟板示意圖

◀圖七 使用中介片接合封裝之捲帶式金屬基板(上)與衝切完成之中介片(下)示意圖

精度要求並不高， $\pm 100\mu\text{m}$ 即可，因此高產出速率成了專用設備的最大要求，一般的覆晶機台並不適用，現有的專用機型已有每小時7000片產出量的能力，當然，若使用ACP封裝，精密的點膠系統是不可或缺的，傳統型的氣壓式點膠機顯然並不適用。目前智慧型標籤的設備供應商有Toray、Aurigin、Muhlbauer等。

另外，此產品還有一種封裝方法，其晶粒的覆晶製程並不在天線軟板上進行，而是先將晶粒覆晶至如圖七所示的捲帶式金屬基板上，此種基板於基板供應商處就已先貼附一層非導電膠膜，待大量覆晶在此層膠膜上後，再一次熱壓，由於這些覆晶的間距很近，所以一次熱壓量可以很大，因此大大提高單位時間的產出量。當覆晶製程完成後，接著將其衝切成單顆中介片(Interposer)，再以機械方式將中介片A與B點分別與天線軟板的兩端

點C與D接合(如圖八所示)。這種封裝方式的天線，線圈兩端端點C與D在軟板製造時並未跨接在一起，而是在C與D間的鋁線線圈上塗上一層絕緣層，此絕緣層可以防止鋁線線圈與中介片短路。

### 降低成本的方法

以矽晶片為基礎的智慧型標籤，除了由使用較便宜的天線軟板材料，以及設計高產出率的設備兩方面降低成本外，尚可從IC設計與封裝方法等方面下手。

在IC設計方面，現有適用於智慧型標籤的IC尺寸多在 $1.5\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 至 $2.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$ 之間，成本在12至20美分左右，IC設計人員若能將其尺寸縮小至 $0.5\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 以下，則IC成本將可大幅降至1至2美分(針對矽晶片而言)。

在封裝測試方面，當IC尺寸越來



表十 IC尺寸與切割道浪費比率表

IC尺寸(mm)	切割道浪費比率(%)
0.1×0.1	75.0
0.2×0.2	55.6
0.3×0.3	43.8
0.4×0.4	36.0
0.5×0.5	30.6
1.0×1.0	17.4
1.5×1.5	12.1
2.0×2.0	9.3

越小時，工程人員應至少從下列幾點著手，以降低成本<sup>(2)</sup>。

### 一、晶片測試(Wafer Test)方面

當IC尺寸變小時，意謂著每片晶片的IC數將大幅增加，導致測試時間變長，增加測試成本，這在尺寸縮小比率越大時，晶片測試成本增加越明顯。值得思考的是，此種RF IC在構造上並不算複雜，IC製造的良率頗高，因此，我們的建議是捨棄晶片測試，而將測試的動作延至IC與天線接合後的功能測試(Functional Test)。由於此種RF IC擁有防止資料互相干擾(Anti-Collision)的特性，所以當與天線結合後，透過讀取器將可一次測試數十片，測試速度快，成本自然降低。當然這也得有高良率的封裝搭配才行。

### 二、晶粒分割(Die Separation)方面

現有的晶片切割多使用鑽石切割

刀，切割道寬度約為0.1mm，當IC尺寸縮小時，切割道數將大幅增加，切割時間增長，成本增加；而且因為切割道寬達0.1mm，IC尺寸縮得越小，浪費的晶片面積比率將越高，如表十所示。有鑑於此，工程師應該評估新的晶粒分割方法，以降低成本。

一種結合晶片薄化(Wafer-Thinning)與蝕刻技術的晶粒分割製程已為工業界所採用，它可以讓切割道寬度小至0.005mm，大大地提高晶片面積的利用率。方法如下：首先將晶片以乾或濕蝕刻的方式從正面在切割道位置做一近乎垂直的深溝(Deep Grooves)，深度比要求的晶粒厚度稍深；然後再進行晶背研磨(Back-Ground)，研磨至離深溝底部幾微米(Micrometer)的地方；最後再以化學機械拋光(Chemical Mechanical Polishing)，完成晶粒分割。這種製程雖增加了蝕刻、研磨與拋光的成本，但由於是整片，甚或數片晶片上的晶粒同時完成分割，且晶片面積利用率增加甚多，所以相對成本仍然較低。此外，這種製程的分割品質非常好，不會有如鑽石切割所造成的晶粒崩裂(Die Crack & Chipout)缺點。

### 三、設備能力方面

IC尺寸縮小雖有上述的優點，但仍須面對尺寸縮小後設備能力的考驗，現有的覆晶機台多只能處理

0.5mm×0.5mm以上的晶粒，對於如Hitachi Mu-Chip 0.4mm×0.4mm或更小的晶粒是一大挑戰。

### 塑膠晶片之智慧型標籤

前文提及，現有的矽晶片技術無法符合智慧型標籤低於0.01美元的目標單價，近來柏林Fraunhofer可靠性與微整合研究所(IZM)及英國劍橋的Plastic Logic公司都已相繼開發出塑膠晶片(Plastic chip)的原型，其它如Philips、Lucent、Intel等公司也都在積極地發展中。在導電性佳的塑膠材料上，Covion及Merck公司也已經可以提供。

所謂的塑膠晶片，就是將導電性良好的塑膠材料，以印刷的方式直接將邏輯電路印在一片薄膜上，其幾何結構並不需要特別精密，因為這類的電子電路可用的面積可以較大。塑膠晶片的運算能力雖然不快，如IZM的速度大約是在百萬赫茲，且塑膠製的記憶體，也還需要一段時間來發展，但應用在低價格、非高性能電子產品的需求市場（如智慧型標籤）已經綽綽有餘。其應用方面並不要求耐久的電子電路，而是利用它們來對生產、銷售做更完善的控制，柏林Fraunhofer的研究人員估計，在未來3到5年(2005~2007)內，就會有所謂的智慧型牛奶盒上市，整合於包裝中的塑膠電子電路就是這種丟棄式的電路，它們設有感測器，可以記錄產品由於環境條件，或者人為刻意造成的質變。它

們可以收集資料，並將資料傳輸到控制單位。對於這樣的應用方式，電子電路的體積不需要特別小，或者速度特別高。但結合於包裝材料，或者生命週期短、丟棄式材料中的電路必須具備其他的特性，譬如低單價，並要符合環保要求及可以很經濟地處理回收<sup>(5)</sup>。

### 結語

智慧型標籤可以讓我們的生活更加便利與安全，其市場之龐大更是難以想像，但如何製造出低價的智慧型標籤，以達到取代條碼系統的目的，是業者所須努力的方向。無論是IC設計、製造或封裝測試，在製程與材料的開發，以及設備的生產速度方面，都要下功夫，才有可能將單價再往下降。甚或具革命性的塑膠晶片，若能順利地應用在智慧型標籤上，都將讓人類的生活真正地電子自動化。

### 參考文獻

1. 伊芸，天下雜誌，“無聲商務：讓魚自己「說」新不新鮮”，May,2002
2. Sanjay Sarma, Auto-ID center white paper, “Towards the 5 ¢ tag”, Nov.1 2001.
3. Susy d' hont, Texas Instrument TIRIS, “The cutting edge of RFID technology and application for manufacturing and distribution”, p2.
4. AIM, Inc. white paper, “Radio Frequency Identification-RFID, A basic primer”, version 1.11, Sep, 28, 1999
5. 工研院專題報導，“塑膠製積體電路即將上市”，No.18,Jan./Feb.,2002