

CSP SMT組裝製程

◆謝佩瑩

工研院電腦與通訊研究所

品管工程師

前言

晶片尺寸封裝(Chip Scale Package, CSP)近兩年來開始被大量使用，成為電子構裝中注目的焦點，其尺寸大小約在晶片的1.2倍以內，這種封裝有助於減少系統產品的重量及體積，因此特別適用於攜帶式的電子產品，如筆記型電腦、無線通訊手機或數位相機等。CSP可視為是BGA (Ball Grid Array)的縮小板，其製程方式也和BGA有相同之處。但由於CSP的錫球尺寸較小，且錫球間距降至0.8mm以下，組裝製程更需精準的對位、印刷。因此組裝製程條件的設計和控制上更形重要，以確保產品的品質及可靠性。

影響CSP SMT組裝製程重要因素

CSP SMT (Surface Mount Technology)



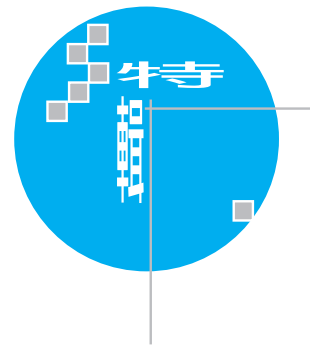
▲圖一 CSP SMT組裝製程流程圖

組裝製程流程如圖一所示。本文將分別簡介以下這些影響CSP SMT組裝製程的重要因素：

- *PCB表面處理層(Surface Finish)的選用
- *細間距印刷的錫膏選擇
- *鋼板設計
- *印刷參數
- *迴焊曲線

一、PCB表面可焊處理層的選用

電路板不論是SMD (Surface Mount Device)的表面焊墊或插腳焊接的孔環焊墊，都須在原始的銅面上施加一層可焊處理層(Surface Finish)，才能保護銅面不致氧化。除此目的外，不同可焊處理層材料的選用，會影響製程中焊錫性(Solderability)的優劣及將來CSP組裝後焊錫接點的可靠性。一般常見的可焊處理層有HASL (噴錫板)、Ni/Au、OSP (Organic Solderability Preservative)等幾種。但在細間距元件的組裝上，如CSP的



測試板，通常採用OSP和 Ni/Au兩種可焊處理層。以下分別介紹各種不同可焊處理層的特性。

(一) HASL (Hot Air Solder Leveling)

HASL可焊處理層的可靠性和製程良率均已為電子產業所接受，是近20年來業界使用最廣的可焊處理層。HASL不但對底銅提供了良好的保護，亦維持良好焊錫性。然而，焊墊表面厚薄不均經常造成錫膏印刷不均勻且使SMD零件放置不穩定，使得SMD零件在組裝過程中，進行高溫熔焊時，更會造成SMD零件偏滑，且引起焊錫性不良等困擾。因此不適合使用在細間距元件如CSP的焊接上。此外，噴錫造成銅錫之間的界面金屬化合物，會因高溫及長時間老化而造成焊錫性劣化的現象。

(二) OSP (Organic Solderability Preservative)

OSP可焊處理層有焊墊平坦度(Pad Flatness)佳、焊墊高度一致性及焊錫性佳等優點。OSP不但成本低廉及製程簡單，且在焊點強度及加速老化後焊錫性也十分優異。

OSP膜主要分為兩種，一種是Benzotriazole（苯基三連口坐），其膜厚度在 $0.05\sim 0.25\mu\text{m}$ ，高分子膜由於只有幾個單分子層，易因高溫而產生熱裂解(Thermal Breakdown)，通常僅能忍受一次高溫迴焊(Reflow)。另一種是Benzimidazole（咪口坐），是較普遍的OSP膜，其中較為代表性的是ENTEK，膜厚度在 $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ 之間，可以承受3~6次高溫迴焊，儲存環境下壽命可達12個月。但是OSP膜厚度較厚時，會造成助焊劑無法刺穿OSP膜而完成良好焊接。這是由於有些OSP膜須搭配使用活性較強的助焊劑(Flux)。當低殘渣免洗錫膏中所含的助焊劑活性較弱時，可能會無法刺穿OSP膜而完成良好焊接。此外，某些OSP膜最好在氮氣環境下進行。

(三) Ni/Au

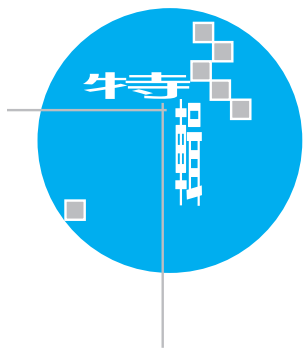
Ni/Au可焊處理層中，可依Au的厚度分為薄金板(Flash Gold)和厚金板二類。薄金板的金層厚度在 $3\sim 8\mu$ ，厚金板的金層厚度則在 $10\sim 30\mu$ 之間。由於金的比例較高時，溶入焊點中會形成AuSn化合物而引起焊點的脆化(Embrittlement)，因此厚金板大多應用在COB (Chip on Board)上作打線接合(Wire Bonding)。

薄金板是在Cu上，以無電電鍍法(Electroless Plating)鍍上厚約 $150\sim 200\mu$ 的Ni層，接著以浸泡(Immersion)的方式，利用Ni/Au間的擴散(Diffusion)作用，藉著置換法將Au層鍍上。這種製程方法非常容易控制金層厚度。薄金板在PCB組裝上亦有焊墊平坦度佳、易於預測焊錫體積及焊錫性佳等優點。使用薄金層在高溫焊接中，其表面的薄金層會立即與焊錫結合，生成 AuSn_4 ，使其薄金層很快的溶入了焊錫之中，進一步產生界面金屬化合物，而形成固著的接點。

二、細間距印刷的錫膏選擇

錫膏(Solder Paste)的參數包含如合金、顆粒尺寸、所含金屬百分比、助熔劑型式等因素。在表面黏著製程中，錫膏可概分為錫鉛或錫鉛銀合金，其中含有溫 and 活化松脂(RMA)或免洗(No-Clean)的助熔劑(Fluxes)。為了滿足表面黏著技術中的細間距印刷(Fine Pitch Printing)，錫膏須採用更先進的樹脂(Resin)和溶劑系列，而鋼板(Stencils)的製作方法也更複雜。

若是錫膏黏度低，通常會引起錫膏塌落(Slumping)，而導致橋接(Bridging)、翹件(Tombstoning)、球狀焊錫(Solder-Balling)等缺陷。最好在印刷時保持黏度值在 $600\sim 1000\text{ Kcps}$ ；或是在可能的範圍中將



金屬的比例增至最大，也能減少錫塌。此外，控制印刷的均勻性及提高精準度有助於減少橋接的產生，同時也可以在迴焊中增加濕潤速度(Wetting Speed)來改善這些缺陷。

錫膏主要是由錫粉和助焊劑所組成，重量比分別約為90%和10%。助焊劑的分類一般可分為：

1. R樹脂Resin
2. RA 活性樹脂5 Resin Activated
3. RMA溫和活性樹脂Resin Mildly Activated

R的活性最強，其次為RA。RA常用水洗製程中，而RMA的活性較溫和，因此免洗製程中大多採用此助焊劑。

錫粉的差別在於不同顆粒尺寸的使用，表一的分類為市面上錫粉的標示方式。Mesh Size則為實際對應的尺寸。以Type I為例，其Class -100/+200表示為Size在75~150 micron的範圍之間。

一般在工業界中，CSP組裝中錫膏的選用，都在錫粉顆粒尺寸20~50 μ m之間。通常使用Type III (25~45 μ m)的錫膏。

錫膏的選擇，尚須考慮的重要特性有：

(一) 清洗方式

可依有免洗製程或清洗製程的方式(水洗清洗、溶劑清洗)決定助焊劑種類。

(二) 錫膏特性與變化

表二 製程中與錫膏性質相關的常見問題

Process	Problem
Printing	Slumping
	Smearing
	Paste Thickening
	Poor Tack
	Bridging
Reflow	Wicking
	Bridging
	Tombstoning
	Solder Balling
Cleaning	White Residue
	Vehicle Residue
	Ionics

表一 錫膏分類與相對應錫粉的尺寸

Class		Mesh Size		
Type I	-100/+200	100	50micron	.0059"
Type II	-200/+325	200	75micron	.0030"
Type III	-325/+500	325	45micron	.0018"
Type IV	-400/+500	400	38micron	.0015"
Type V	-500/+625	500	25micron	.0010"
		625	20micron	.0008"

考慮錫膏的黏度、耐酸化特性是否會隨時間改變。

(三) 印刷持久性

須能維持印刷形狀、高度等一段時間，確保在因某些因素線上無法立即置放元件時，印刷品質不變。

(四) 錫粉形狀

錫粉顆粒以接近球形為佳。錫粉容易滾動且易填充鋼板開孔，對印刷品質有極大幫助。

(五) 黏度值(Viscosity)

黏度值應在6001000Kcps之間。黏度太高會造成印刷延展性差，不易印刷均勻。黏度太低易產生錫陷落(Slump)的現象。

以上這些重要特性會影響製程的良窳。表二列出了一些製程中與錫膏性質相關的常見問題。

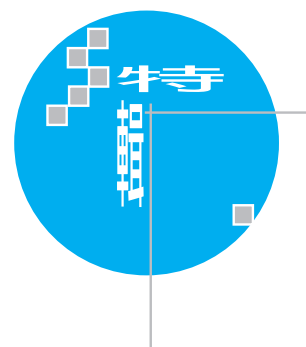
三、鋼板設計

鋼板的設計製作是影響印刷品質的主要因素，下面就製作方法、開孔的尺寸及厚度三方面，作一基本探討。

(一) 製作方法

1. 蝕刻(Etch)

使用蝕刻的方法成本低且交貨期短。但此法易造成開孔孔壁中間部份突起、孔壁粗糙等情形。當蝕刻時間或濃度控制不當時，孔壁會向內凹陷(過度蝕刻)。這些問題可以利用在孔壁內側鍍上樹脂包覆



或鍍鎳來解決。不過對於細間距印刷所用的鋼板，由於樹脂包覆會在孔壁內側形成較大的厚度，所以並不適用。

2.電鍍鎳(Additive)

鍍鎳法不但具高精度且孔壁內側平滑，也沒有像蝕刻開孔孔壁中間部份突起的問題。唯一缺點就是製作時間較長，單價也是三種方法中最高的。

3.雷射(Laser)

雷射光用在鋼板材質如Plastic，孔壁內側相當平滑，提供極佳的印刷條件（不會塞孔）。但在用於鋼板材質Stainless時，是利用雷射光束熔融打穿出孔洞，內側孔壁仍會有粗糙的情形，但和蝕刻法比

較，由於製作上不需使用化學處理，較無環境污染的問題，同時具有低成本、交貨期短等優點。

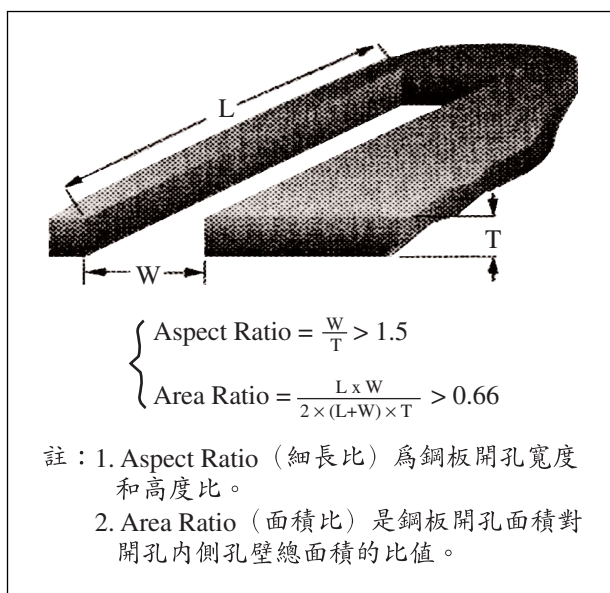
以鍍鎳法製作的鋼板會得到最佳的印刷的品質。但由於製作時間較長、單價高且目前以此種方法製作鋼板的廠商也很少，因此，SMT廠商使用電鍍鋼板的比例並不多。現在仍以雷射和蝕刻法為最被廣泛使用的方式。

(二) 開孔尺寸

圖二為開孔尺寸說明圖。一般而言，BGA、CSP的鋼板開孔尺寸，Area Ratio建議值在0.44~0.66範圍內。

(三) 鋼板厚度

CSP所需的鋼板厚度通常在0.10~0.15mm之間。不同的元件種類和間距，有其各自的鋼板厚度建議值。表三是photo-stencil所提供之不同元件間距鋼板厚度參考建議值。



▲圖二 開孔尺寸說明圖

四、印刷參數

印刷製程中，重要的參數及說明如下：

(一) 印刷型式 (Print Type)

1. Single：一次印刷單一面、單一刮刀（左右各輪流使用）。

2. Double Squeeze：表示印刷時使用雙刮刀（左右各一）。

(二) 印刷速度 (Speed)

1.印刷速度依印刷實際情形來調整。

2.若印刷後錫膏體積不足或高度不夠，可降低印刷速度。

(三) 印刷間距 (Print Gap)

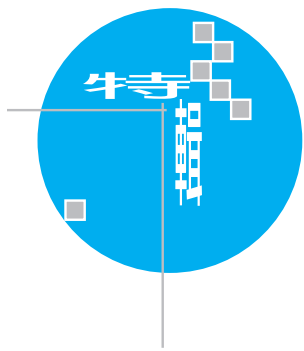
1.印刷時鋼版和PCB的距離

2.若鋼板開孔較小或其它因素使印刷後錫膏體積不足，可把

表三 不同元件間距鋼板厚度建議值

單位：mils

Pitch	Aper	Area Ratio.66	Area Ratio.66	Area Ratio.44
		Max Thick	Max Thick	Max Thick
		L>5W	L=W	L=W
50	25	15.6	9.4	14.1
25	12	7.5	4.5	6.8
20	10	6.3	3.8	5.7
16	8	5.0	3.0	4.5
12	6	3.8	2.3	3.5
8	4	2.5	1.5	2.3
4	2	1.3	0.8	1.2



表四 CSP印刷參數之設定例

CSP種類：Cypress CSP	
印刷機：MPM	
參數設定：	
Printer Force (Front)	5.0kg
Printer Force (Rear)	5.0kg
Printer Speed (Front)	20mm/s
Printer Speed (Rear)	20mm/s
資料來源：Cypress Semiconductor Corp.	

稍微增加印刷間距，讓下去的錫膏多一點。

3.當有錫膏陷落時則須減少印刷間距。

(四) 脫板速度 (Detaching Speed)

1.脫板速度為鋼版和PCB分離的速度，和轉寫量（實際印刷到PCB的錫膏量）有關。

2.速度越慢、轉寫量越多。

(五) 刮刀壓力 (Pressure)

1.壓力過大會造成印刷後錫表面有凹陷(Scoop)或斜坡(Slope)的現象。

2.壓力太小會產生印刷後錫表面有突起(Dome)的現象。

CSP印刷參數的設定(From Cypress Semiconductor Corporation)如表四。

五、迴焊曲線

一般而言，Reflow的迴焊曲線與錫球成份、錫膏與助熔劑、組裝零件與基板形式有關。溫度曲線可從以下幾方面來討論：峰值溫度(Peak Temperature)、加熱階段、冷卻階段。每個階段對迴焊結果均有影響。

在迴焊曲線中，共融的Sn-Pb焊錫的峰值溫度一般介於為210°C~235°C。峰值溫度過低易產生冷接點(Cold Joint)和潤濕

(Wetting)不夠的問題。峰值溫度過高有可能會使基板產生焦化(Charring)與脫層(Delamination)的現象，並在焊點與PCB的交界面，形成過多的界面金屬化合物，導致焊接點容易脆裂。在此迴焊曲線中，由於在焊錫熔點溫度以上容易有界面金屬化合物的產生，因此超過熔點溫度183°C以上的時間，一般均設定在45~90秒之間。

加熱階段分為預熱區與衡溫區。若預熱區的升溫速率過快，可能造成錫膏、助熔劑或水氣的濺落(Spattering)。而在衡溫區的理想升溫速率則為0.5~0.6°C/sec，如果衡溫區的升溫速率過慢，會造成焊點在焊錫接合前產生過多的氧化，而產生不好的濕潤(Poor Wetting)，而產生如球狀焊錫(Solder Ball)等現象。但若衡溫區的升溫速率過快（大於2°C/sec），除了有錫膏、助熔劑濺落的問題外，也會形成一溫度梯度而造成元件翹件(Tombstoning)。

至於迴焊曲線中冷卻階段較容易決定。高於焊錫熔點溫度以上的慢冷卻率將導致過量的界面金屬化合物的產生，快速的冷卻可使界面金屬化合物的產生減到最少。

結論

CSP可視為是BGA的縮小板，其製程方式也和BGA有相同之處。決定CSP SMT製程時，必須考慮此CSP細間距之特性及不同表面處理層是否適合此細間距。此外，印刷製程參數、元件放置的精確度和溫度曲線設定等都是影響CSP SMT組裝製程的重要因素。同時在組裝流程中，每個組裝步驟完成後皆需進行製程品質檢查，以確保組裝製程沒有問題。