

# AVI在成品檢測的應用

◆方瑞應\* 林其作\*\*

奧寶科技公司

\*ICP Sales Support

\*\*Pacific Marketing Director

## 摘要

隨各式IC載板在量產的製造技術日益成熟，打線區金手指的幅寬不斷下降，及密度持續提高下，最終的成品檢驗(Final Inspection)所需耗費大量的人力及物力成本，頓時成為眾所注目的焦點（因為目前各IC載板大廠的成品目檢的主力仍以人力為主），在人工目檢本身的極限及自動化的趨勢下，各IC載板大廠無不紛紛投入研發的行列。

另一方面，隨著新一代彩色CCD影像擷取技術的成熟，與人工智慧本身智能相對的提昇下，相信距離實際成熟之日已經不遠了。

## 關鍵詞

自動光學終檢檢查機(AVI)；IC載板(Integrated Circuit Substrate)；IC封裝(Integrated Circuit Package)；成品檢測(Final Inspection)；金手指(Bonding Pad)

## 前言

國內半導體晶圓代工發展迅速，IC載板製造工藝日趨成熟，加上日本因IC載板單價急降，產能未能應付急劇需求增加而釋出PBGA（圖一）及CSP（圖二）載板(Substrate)訂單，促使國內IC元件封

裝，與IC載板製造商數量及產量在過去兩年急劇增加。

雖然相對於半導體元件，IC載板價格顯然不高，但其品質卻足以影響整顆晶片功能的穩定，加上IC載板的品質對下游IC封裝作業良率影響很大，導致IC載板的成品檢測一直受到關切重視。

一方面由於IC載板打線墊的幅寬及間距只有50微米(μm)，人工目視檢驗根本不能保證有效地維持品質的穩定；另一方面，人工目視產能甚低，在月產數百萬顆IC載板的工廠內，動輒需要數百個目檢員以二十四小時三班制作成品檢驗。因此人力成本自然十分高昂，進而促使國內各大IC載板製造廠轉向採用AVI (Automatic Visual Inspection) 設備以取代人力，並提昇效率。

筆者服務於一間從事研究及生產以光學及人工智能(Artificial Intelligence; AI) 技術為主的高科技設備公司，過去兩年有緣從AVI設備製造商的角度探討IC載板成品檢測的各種要求和各類AVI設備技術，本文嘗試與大家探討、交流以下各方面議題：

- IC載板在成品檢測的要求
- AVI檢測的檢測原理及瓶頸所在
- AVI設備使用情況及技術發展方向

## IC載板在成品檢測的要求

在與IC載板製造商或IC元件封裝廠討論IC載板成品檢測的要求規格時，他們提出了種類繁多的各種缺點和精度要求。這些要求如果按IC載板功能角度分類的話，可分為：

- 1.影響載板本身傳輸功能
- 2.影響下游晶片封裝工序作業及
- 3.有關本身載板外觀。

一般來說，第一類缺點在檢測時容易判斷，灰色地帶很少，任何地方只要影響載板導通互連功能或違反設計規範就是缺點；第二類缺點在成品檢測時判斷頗為不容易，它們存在頗多灰色地帶，在人工目檢時，需要有經驗人員來判斷是否良品；至於外觀問題，在量產時很難控制，成品檢測時以人工目視亦不容易無遺地檢測出來。

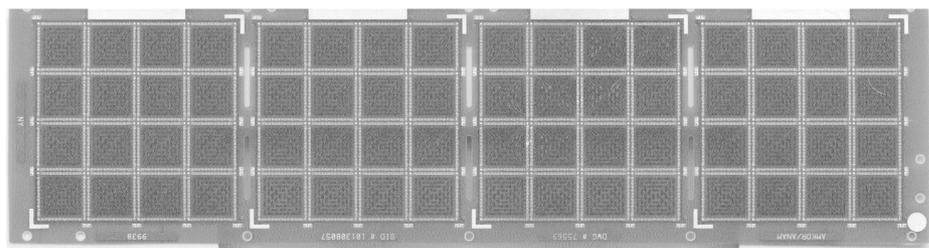
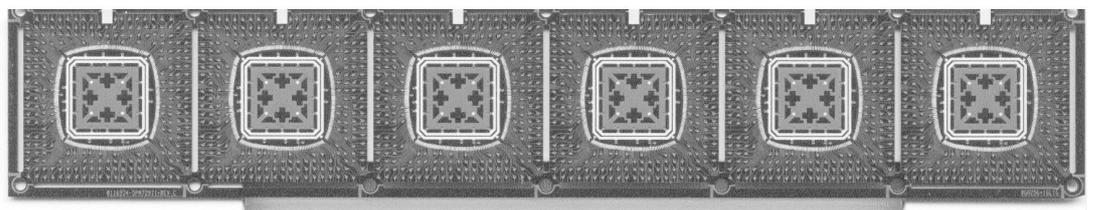
從AVI設備檢測方案角度，缺點可歸納為四類：

### 一、IC載板上導體外觀形狀的改變

包括導線、金手指(Bonding Pad)、錫球(Ball Pad)，常見的缺點如斷路(Open)、短路(圖三)、導線(Lines)的寬度變化、金手指的變短或變窄、錫球大小改變等等，都屬於這類型的缺點。

### 二、IC載板上導體的表面問題

特別是金手指打線墊表面。這類缺點包括了所有因生產過程或搬運過程



▲圖一 PBGA

◀圖二 CSP



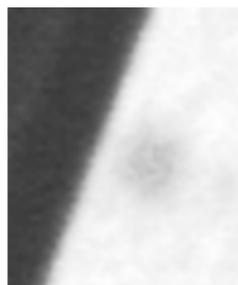
▲圖三 短路



▲圖四 刮傷



▲圖五 變色



▲圖六 污染

(Handling) 而產生凹陷(Dent)、針孔、結瘤(Nodules)、刮傷(Scratch; 如圖四); 或因環境、時間及外來物而導致上線區上顏色的改變(如圖五); 污染及膠渣(如圖六), 亦包括了所有鍍金不良的問題。

值得一提的是為了使打線(Wire Bonding)設備可將從晶片上打定及延伸過來的金導線, 再用超音波技術牢牢地結合焊著在IC載板上的金手指表面, 一般來說, 在IC載板上打線區(Bonding Pad Area)的缺點定義及其檢查條件會比其它區域嚴格很多, 相較於其他地區, 其條件較打線區寬鬆許多。

### 三、與防焊綠漆(Solder Mask)有關的問題

局部綠漆破損而露出銅面, 嚴重的綠漆刮痕; 或整體綠漆的對位偏移, 造成金手指打線墊或錫球面(Ball Pad)面積變少, 都是這類缺點的例子。

### 四、其他缺點

光學靶標(Fiducial Mark)位置精度改變、IC載板的整體平坦度(Warpage)異常、BGA單元間靶標(Targets)間距離改變等。

雖然在IC載板產品規格上, 對各類

缺點及精度要求都有詳細的定義及描述, 而且每項缺點大小定義亦清楚列明, 但在實際環境裡, 無論是元件封裝廠或者是IC載板製造廠的成品檢驗部門, 過去一直都是採用人工檢測, 很多時候是依據個別人員的經驗去判斷鍍金打線墊上的輕微色差是否可以接受允收(即不致影響金導線的打線製程Wire Bonding Process)這樣的情況。此外, 還有些超細不反光的短路根本無法透過20~30倍的放大鏡所能看到。另外, 經常困擾IC載板製造廠的一個問題是: 即使經過100%人工成品檢測, 也未能確保產品品質送到客戶處即能合乎要求。而困擾IC封裝廠的是: 只能透過IC載板廠提供的統計數據或本身樣本封裝結果判斷最新收到的載板品質情況, 很多時候要到封裝完畢某數量的晶片, 經測試才發現載板有問題, 但是卻有點為時已晚。

### AVI檢測的檢測原理及瓶頸所在

由於IC載板之每條Strip跟PCB的每個載板(Panel)外型不一樣, 單元面積小得很多; 每個載板單元成本比PCB少很多, 一般來說, 線寬很細, 對於缺點的修補根本不可能, 而且也不划算。最後, 成品檢測跟製程中(In-process)檢測目標不同, In-process檢測的主要目的是把半成品的缺點在生產過程中儘早找出

來，追溯發生問題來源，以提高生產總良率。至於成品檢測，除了金手指打線墊上一些灰塵(Dust)外，一般都不能修補。所以成品檢測主要是品管作用，把壞的IC載板單元找出來，防止把壞件誤作好件交給客戶，造成整體封裝品的報廢。

故各廠對於AVI檢測能力的要求，無不力求完美。其要求的重點，不僅是能否找出缺點，而是要找出每一個缺點；不在乎找到多少缺點，而在乎漏檢了多少缺點。然而AVI的缺點偵測能力，很受其光學部分之技術本領及其圖像訊息處理能力的影響。

## 一、AVI缺點檢測原理 (Detection Ability)

### AVI影像處理流程

AVI檢測、報告缺點的流程是：(1)透過光學部擷取IC載板的圖像訊號，(2)把所擷取到的圖像類比(Analog)訊號進行分析與轉化成數位化(Digital)訊號，(3)參考所設定數值，演化出“0”或“1”二分化像元圖，在AVI內還原載板的黑白圖形，以便傳送到人工智能(AI或Logic)部另作處理，找尋缺點，記錄下缺點的位置存放於資料庫裡，將處理完後的IC

載板分類成良品、報廢品或需要進一步人工檢修。

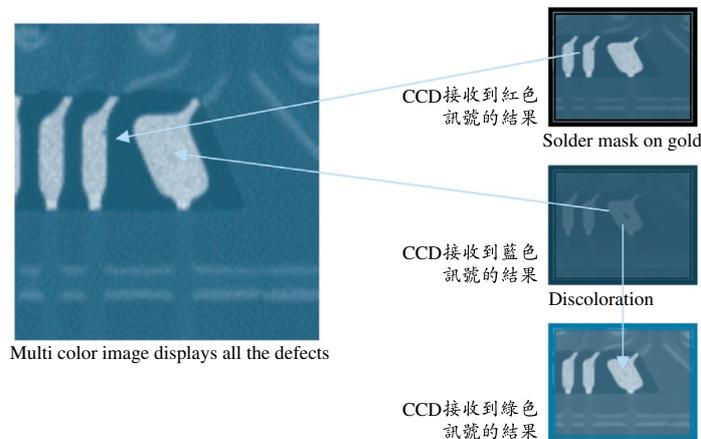
### 1. Binary CCD

AVI設備傳統上均採用的是黑白CCD模組，並根據CCD接收到反射訊號的強弱，決定像素(Pixel)是黑還是白；金屬面還是非金屬面。黑白CCD模組在成品檢測技術上有先天不足的限制，因為IC載板表面有太多種類的物質，包括鍍金面(Gold)、銅線、樹脂基材(一般是B.T.)、防焊綠漆都呈現不同顏色，其光反射特性都很接近。另外傳統的黑白CCD模組，一方面不可能直接區分出鍍金面和光亮的銅面，另一方面，卻又對氧化顏色改變過敏，誤判率高。筆者在AOI (Automatic Optical Inspection)設備檢測銅面板的經驗，黑白CCD一直只被視為沒有更好光學檢測方案的可接受技術。

### 2. Color CCD

最近，市場已經出現採用彩色CCD模組作為光學技術基礎及有能力獨立處理分析紅(Red)、綠(Green)、藍(Blue)基本三元色的AVI設備：可將原先單色灰階(Black/White)的概念，迅速擴充至同時有RGB三個頻道在作影像擷取及處理的概念。如此一來，大大的提高在判斷缺點時的精確度，其結果如下：由圖七可知，(1)針對金手指上的缺點作缺點分析，可知在經過R、G、B處理過後發現，在紅光下的效果奇佳，至於綠光及藍光的效果都不太理想，(2)同理以變色(Discoloration)為例，可知以藍光的效果最佳，至於綠光及紅光的效果都不太理想。由此可知就AVI缺點偵測方面，彩色CCD可以提供較高的精確度及可靠度。

►圖七 以圖中的兩個缺點為例，說明要使用彩色的原因



甚至透過彩色CCD模組個別獨立擷取IC載板表面各種物質的顏色，便可以憑顏色及深淺差異，區分出防焊綠漆下的IC基板部份及銅線位置，這樣，鍍金的打線墊、銅面、基材、綠漆下的銅面、綠漆下的基材，都能在同一時間以不同顏色呈現出來（如圖八所示）。

效果與人眼觀看IC載板表面的彩色圖像一樣，使附有AI (Artificial Intelligence)能力模組，可以無誤地根據設定參數，在各局部面積或物質“找尋”缺點，同時，又不會產生誤判。

## 二、AVI瓶頸所在

### 1. AVI 檢測能力之限制

#### (False Code Rate)

誤判率在傳統的AOI或AVI，一直都是提高缺點檢測能力時的副產品，一般來說，造成AVI誤判的原因如下：

- IC載板表面不清潔，例如：灰塵…，或物質反光特性太接近，導致光學模組擷取到的影像與實際的影像不一樣，造成 AVI 的AI部份作出錯誤判斷。

- AVI把掃描解析度提高，使很多原來看不到而客戶又可以接受的微細缺陷看得清清楚楚，情況就有如拿放大鏡看事物一樣。

- AI部份智能不足或不能按不同區域採用不同的智能思維決定是否為缺點。這方面在IC載板的要求特別顯得重要。如前所述，IC載板的打線區 (Bonding Area) 上的打線墊是金線連接晶片及IC載板的地

方，需要進行超音波Bonding工序，所以對品質要求特別嚴謹，顏色改變及些微問題都是不能錯過的缺點，需要AVI百分之百將缺點檢測出來。至於在IC載板上的其他地區，特別是阻焊綠漆上，一般只對較大的缺點（相對於Bonding Pad的缺點而言）：例如防焊破損或刮傷。故如果將採用於Bonding Pad上的檢查標準應用在防焊區，自然會引起很多誤判，把良品變作廢品報告出來。

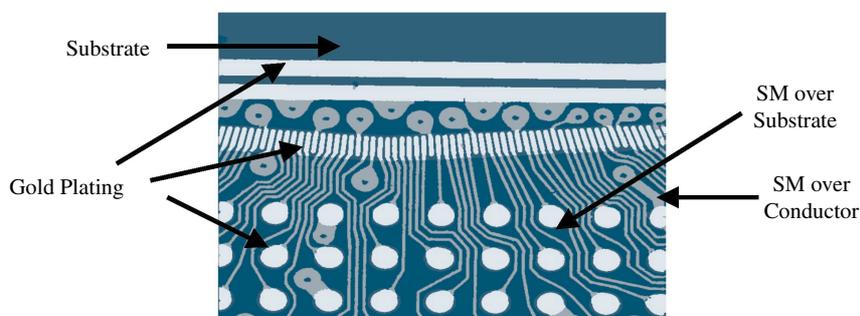
顯然地，AVI的人工智能是需要靈活地應用在IC載板表面各區，不同地區採用不同智能思維及敏感度，才能符合檢測的需求，如此，才可能將各式各樣缺點找出來，同時將誤判率降低至可以接受的程度。這看似容易，其實很困難，不要以為多發展幾組不同的智能思維，以便選擇性地使用便成，其實如果沒有彩色的影像擷取技術來作為輔助，老實說，根本很難準確地區分出各式各樣物質的面積和位置，更別期待使用不同智能思維在不同區域能有出人意料之外的表現了。

### 2. AVI量產之限制

#### 光學模組的設計理念

AVI設備的設計理念對其檢測載板的產能影響很大。不同光學模組設計和掃描方法會對BGA載板或CSP載板的產能影響很大。

#### (1) Area CCD



▲圖八 可知效果與人眼觀看並無兩樣

表一 IC載板掃描後缺點分析型式

No.	Defect Type (缺點型式)
1.	Fail (實際報廢缺點)
2.	Rework (真缺點但可重工)
3.	Dust (灰塵) .....待解決
4.	Don't Care (可疏忽的瑕疵) .....待解決
5.	Real False Code (真正的假缺點) .....待解決

對利用平面列陣(Area CCD) 模組的 AVI來說，” 掃瞄” BGA單元需要把CCD 模組移至PBGA/CSP上方，像照相機一樣，把快門打開，便可在瞬息間替 PBGA/CSP單元” 拍照”。這設計對IC載板只有五至六個單位時頗為有效，但對於動輒超過一百個單位的CSP或Mini-BGA的IC載板就會變得很慢。

(2) Line Scanning

另外一種AVI採用線式CCD模組，配合機械移動，可以透過單次掃瞄動作，把整條IC載板的所有PBGA/CSP單元在十秒以下完成。它的優點是無論載板有多少個CSP單元，只要線式CCD模組寬度足夠，都可以在數秒內完成掃瞄，凸顯在檢測超過100單元CSP的載板的產能優勢。

(3) 其他相關的設計理念

很多AVI設備為了進一步加快檢測產能，同時簡化IC載板在AVI檢測時的處理>Loading & Unloading)，會安裝兩組獨立的CCD模組，進行雙面同時檢測，把檢測效率增加近一倍，當然，設備價格亦會相對地提高。

另外一個增加AVI產能的方法是把 CCD掃瞄模組的生產力發揮至百分之一百，絕對沒有無效耗時(Idle Time)，其方法是改善載板檢測週期的運作，利用一座圓形掃瞄座，使AVI可以在同一剎那，在圓掃瞄座上，把第一條載板從入料區放上去後，緊接著掃瞄第二條IC載板，同時間又將第三條IC載板從掃瞄座上，

依據缺點報告的結果，放至所需放入的卡夾內。

3. AVI自動化之限制

(1)IC封裝廠的需求

BGA/CSP設計技術要求高，線間距都在50μm左右，未來發展至覆晶(Flip Chip)時，線間距可能少至25μm，更不容易將缺點修補；另一方面，因為PBGA/CSP單元面積小、成本低，不值得修補（修補成本高昂，熟練人工成本高及修補工序產能低）。由於在量產環境根本不可能有百分之百PBGA/CSP良品的IC載板，而對缺點又不會進行修補，IC封裝廠大都接受有某百分比壞PBGA/CSP單元的IC載板。以上情況促使成品檢測的目的不僅只是將缺點找出來，加以修補，減少報廢率或節省物料成本而已，而是找出板子上實際缺點（真缺點）的壞BGA單元，檢視其壞單元數目有否超過某百分率，以決定是否將整條IC載板報廢(Cross-out)，或者將報廢的單位依客戶需求標記，並加以分流。

(2)AVI遭遇到的問題點

以上情況使得AVI設備的自動上下板>Loading/Unloading)設計，一定要具備按檢測結果而作分流處理（有利於提高直通率），加重AVI低誤判率的重要性。在AVI檢測方案中，理想的檢修概念是在掃描後把有缺點的IC載板單元打標記，然後分流處理，送到良品存放區或壞品的存放區內，同時，又不會影響AVI產能。但目前AVI的掃瞄情況是：幾乎每一

表三 人與機之比較表

項目(No.)	人員(People)	機器(Machine)	註(Remark)
1.品質穩定性	較差	較佳	
2.人員極限	有	無	因為機器可以改善
3.效率	較差	較佳	
4.彈性	較佳	較差	
5.人員管理	較複雜	較單純	
6.保養維護	不需要	需要	
7.成本	較高	較低	就長期而言

表二 AVI系統流程圖



條IC載板經掃描後，缺點及誤判總數都會超過IC封裝廠所能接受的壞品百分率的標準，故需要人工對掃描結果進行檢修，再加以清潔包裝付運，程序頗為耗時。由表一可知板子經掃描後結果頗為複雜。

故由表一可知AVI急待解決的問題為：灰塵、可疏忽的瑕疵、與真正的假缺點。相信在AVI廠商的努力下，很快應該就會有解決方案了。AVI應用的原意是代替目檢，但結果是AVI的高誤判率使成品檢測工序變成是AVI檢測+人工檢修(表二)，結果AVI設備只能減少部份目檢人手而已，因為目前大部分的板子皆須檢修。

### AVI設備使用情況及技術發展方向

有些IC載板製造廠會把檢測參數設定要求降低，以減少AVI檢測的誤判率(但同時亦可能引致漏檢)，以提高成品檢測工序的生產力。過去兩年，這問題還不太嚴重，相信是因為市場對於IC載

板需求比供應大，IC封裝廠對IC載板品質不太挑剔。日後當IC載板製造商不斷擴充產能後，而又逢需求減少時，IC封裝廠對IC載板的品質將會變得嚴謹，導致退貨增加。筆者覺得IC載板製造商目前對AVI設備又愛又恨。人工目檢 (Visual Inspection) 因為人工成本高、漏檢率高、效能低，已不能再被接受，而AVI正好填補了這裡的不足，但目前針對IC載板成品檢測的AVI設備、技術、效能仍有很多進步空間。

IC載板成本檢測對AVI設備需求剛開始，日後隨著BGA市場成長，AVI設備需求亦會增加。AVI技術目前有些地方仍未理想，需要改進，甚至於將來在覆晶成品檢測，相信要求會更高。其他方面，例如缺點標記仍未有完善的方案、未有理想的檢修站...，筆者相信，首要是有有效的檢測能力 --- AVI能無漏地檢測缺點，同時誤判率又低於預期目標 --- 使成品檢測變成成品檢查，AVI掃描完後，不需再用人手目檢AVI檢測結果，可以直接把大部份檢測後的良品付運。筆者深信隨著彩色CCD技術的成熟，加上不斷改善的人工智能，AVI技術成熟的速度將會很快而能被用戶所肯定。