

光學對位結合自動除錫提升效率 大尺寸晶片突破貼裝極限

● 劉恩祁

一顆採用CoWoS、EMIB等先進封裝技術的高階AI伺服器晶片動輒百萬台幣，若因焊接不良而直接報廢，將帶來相當可觀的損失。這時候，如何把昂貴晶片毫髮無傷地拆下、把電路板清理乾淨、再精確地焊回去，就是極大的技術門檻。

隨著ChatGPT、生成式AI與大語言模型(Large Language Model, LLM)的爆發，輝達(NVIDIA)的Blackwell(如B200)、Ultra系列，以及AMD、英特爾(Intel)的高階伺服器晶片，都高度依賴2.5D/3D異質整合先進封裝技術。

為了追求運算極限，晶片不再只是

單一矽晶圓，而是把CPU、GPU和好幾顆HBM(High Bandwidth Memory, HBM；高頻寬記憶體)用先進封裝拼貼在一起。這導致整個封裝完的晶片尺寸變得奇大無比，輕鬆突破90 × 90 mm的尺寸，這在以前的消費性電子，如手機晶片頂多15 × 15 mm，是難以想像的。一顆高階AI晶片的報價動輒幾萬美金，如果在最後將晶片組裝至印刷電路板時，才因為焊接不良(如冷焊、橋接)導致測試失敗，若要整顆報廢，所費不貲。這時，就是返修系統上場的時候！如何完美地拆下這顆昂貴的晶片、清理乾淨電路板，再精確地焊回去，就是極

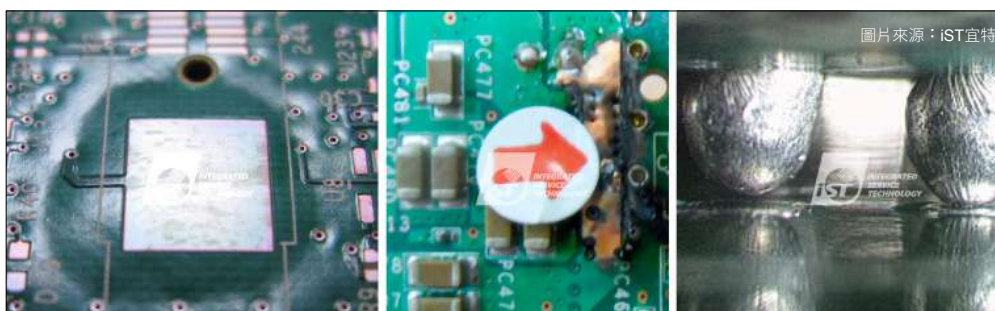


圖1 傳統人工除錫製程可能因溫控不當，導致爆板、燒焦或冷焊等焊接缺陷(由左至右)

高難度的維修門檻。

面對巨大化晶片的硬體挑戰，IPC-9701等可靠度規範也對相關製程提出更嚴格的要求。在高溫、高負載的AI伺服器應用環境下，如何確保焊接品質與產品可靠度，也成為重要課題。

本文將探討AI算力快速發展下的尺寸晶片貼裝與自動返修技術，並介紹相關解決方案如何兼顧製程良率與可靠度。

AI伺服器晶片巨大化帶來製造挑戰

宜特近期在協助客戶驗證時，最常遇到的難題是：現在的大尺寸晶片可能達到 $150 \times 150\text{mm}$ ，能用什麼工具貼裝？晶片重工維修時又該如何確保品質？

現有P&P設備的尺寸限制

現行普遍的貼裝設備(Pick and Place, P&P)受到物理限制，最大僅能支援邊長約 $90 \times 90\text{mm}$ 的元件，面對現今尺寸動輒超過 $90 \times 90\text{mm}$ 的巨型晶片，已完全

無法滿足對位與貼裝的需求。

手工返修帶來的重工風險

當大尺寸晶片需要進行重工(Rework)或維修時，若使用傳統人工或非專用設備加熱，極易導致以下缺陷：

- PCB剝離(Peeling)

因加熱不均勻或過熱，導致印刷電路板層壓結構受損。

- 元件燒焦與冷焊(Cold Solder)

溫控不精準導致元件表面燒焦，亦或錫膏未完全熔化而形成冷焊，嚴重影響焊接品質(圖1)。

- 焊墊缺陷

傳統人工除錫製程中，易因物理接觸刮傷或拉扯，造成電路板焊墊(Pad)損壞(圖2)。

高階返修系統解決貼裝與除錫難題

為了解決大尺寸晶片的貼裝與重工瓶頸，宜特引進專為大型晶片開發的高精度返修系統解決方案，透過精準的溫控

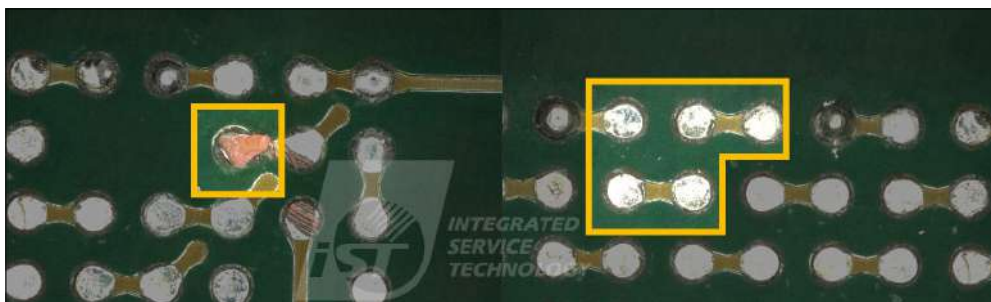


圖2 傳統手工除錫常見缺陷。左圖為BGA焊墊損傷；右圖為人工除錫後焊料高度不均

技術與光學對準功能，確保BGA元件的可靠拆裝與高效返修，避免因焊接不良導致的損毀。

超大尺寸拆裝能力

設備配備專屬的XL加熱頭，最大可加工 150×120 mm的元件，突破傳統 90×90 mm貼裝設備的尺寸限制。

高精度光學對位(Alignment)

配置5 MP GigE高解析彩色相機，透過光學影像重疊(Optical Superposition)功能微調Theta角與X/Y軸，將對位精度控制在 $\pm 25 \mu\text{m}$ 以內。

客製化大功率複合溫控

採用大功率紅外線(IR)與熱風循環複合加熱，並配備Real-time Profile即時溫度監控系統，可擴充至7個溫度量測點，確保大面積電路板受熱均勻，降低翹曲或損傷風險(圖3)。

不傷板的自動吸錫(Auto Scavenger)

系統移開BGA元件後，吸嘴會立即下降並以完全不接觸印刷電路板組件(Printed Circuit Board Assembly, PCBA)的方式自動將殘錫吸取乾淨，降低手工除錫造成焊墊損傷的風險。

大尺寸晶片貼裝與返修案例

在宜特的實際驗證案場中，經常收到

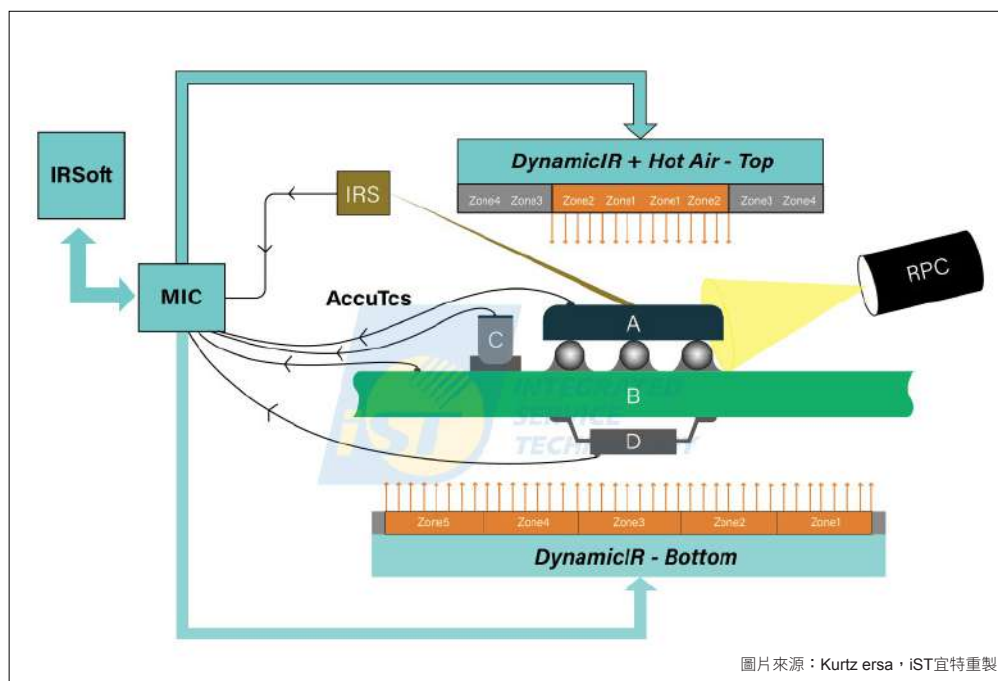


圖3 結合大功率底部紅外線(Dynamic IR)與頂部熱風循環(Hot Air)的複合加熱架構示意

客戶緊急送來、搭載超大尺寸晶片的AI伺服器高價主機板。為了兼顧高精準貼裝與無損維修，以下將透過實際作業流程，分享如何將核心技術應用於真實案例中(圖4)。

案例一 大尺寸晶片(> 90 × 90 mm)光學對位貼裝

客戶研發一款大尺寸AI晶片，因尺寸超出一般SMT產線的貼裝能力，難以進

行精確貼裝，且擔心焊接過程受熱不均導致晶片損壞。

- 精密光學重疊對位(Optical Superposition)

在實機對位時，系統配置了5 MP GigE高解析彩色相機，利用光學影像重疊技術，將晶片接腳(見圖5和圖6中的橘點)與電路板焊墊(圖5和圖6中的綠方塊)的影像同時呈現在螢幕上。工程師可直接透過畫面進行Theta角度微調(旋轉修

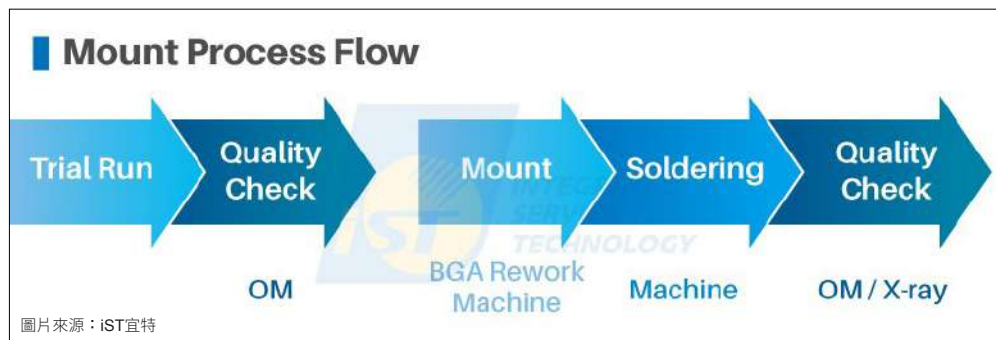


圖4 大尺寸晶片(>90 × 90 mm)貼裝流程

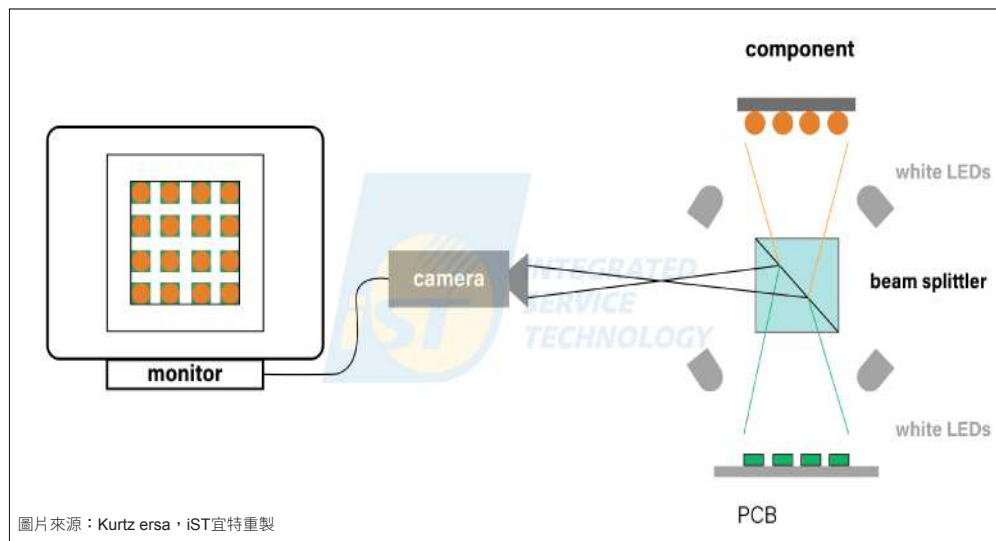


圖5 高精度光學影像重疊對位原理。系統透過分光鏡(Beam Splitter)與雙LED光源，同時擷取上方晶片接腳與下方電路板焊墊影像，並將兩者即時重疊於螢幕中，供工程師進行對位微調

正)與X/Y軸向微對齊，將貼裝精度控制在 $\pm 25 \mu m$ 以內。當對位完成，真空吸嘴便會自動放開，安全地將元件放置於指定座標上。

• 即時溫度監控(Real-time Profile)
在焊接階段，系統採用大功率紅外線(IR)與熱風循環複合加熱。系統可在電路板上配置最多7個溫度量測點，以熱

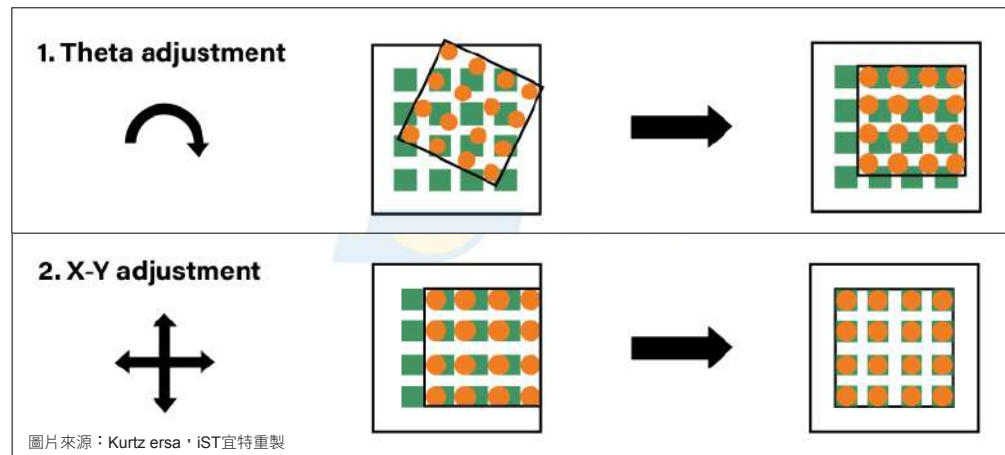


圖6 IC對位微調補償機制(Alignment Correction)。影像重疊後，系統依序進行Theta軸向調整與X/Y軸向調整，以修正晶片角度與水平位置偏差，確保錫球與PCB焊墊精確對位

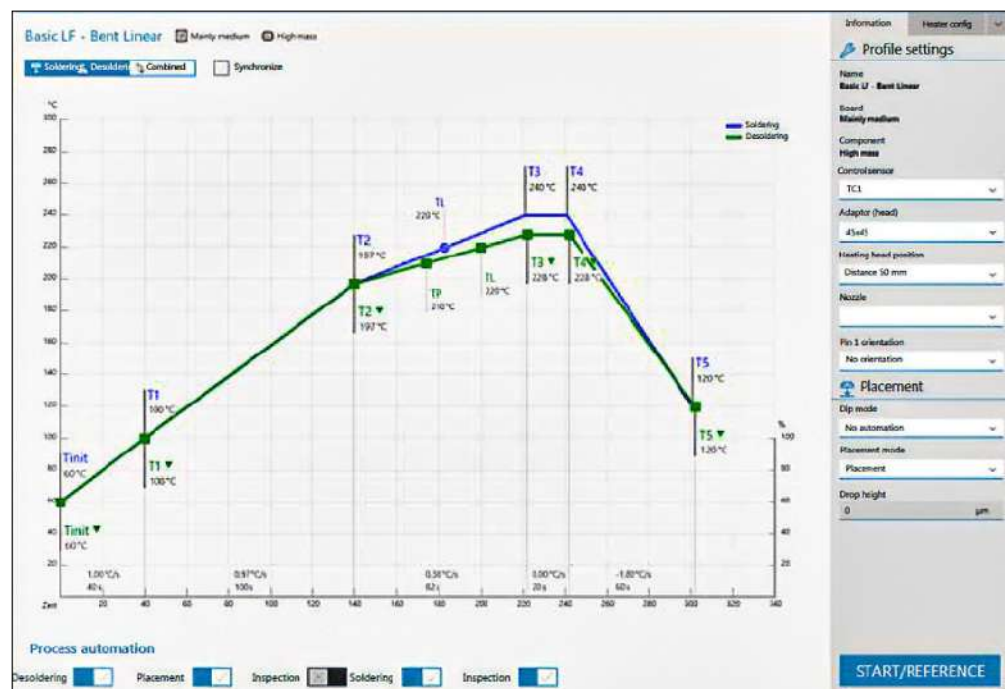


圖7 實機運作時透過最多7組熱電偶進行即時溫度曲線監控，掌握各區域溫度變化，以降低電路板翹曲風險

圖片來源：Kurtz ersa，iST宜特重製

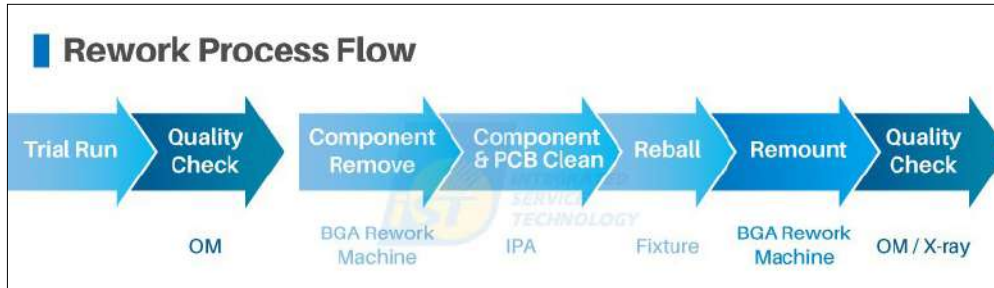


圖8 大尺寸晶片重工返修(Rework)流程

圖片來源：iST宜特

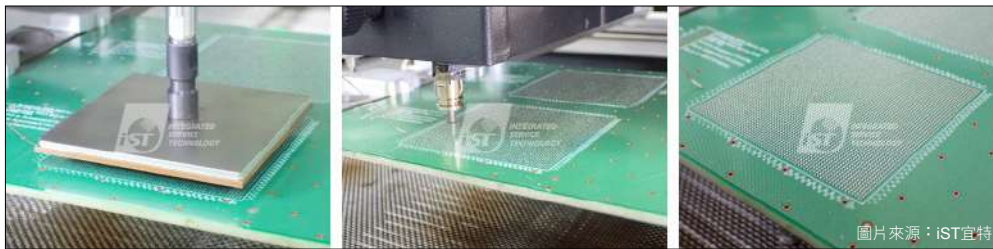


圖9 BGA拆除與殘留焊料清除流程，由左至右依序呈現BGA拆除、焊料吸取及殘留焊料清除結果

電偶進行即時溫度監測，並在螢幕上繪製溫度曲線(圖7)。此技術能確保超大尺寸晶片各區域皆受熱均勻，降低傳統加熱不均造成翹曲(Warpage)、元件損壞或焊接等風險。

案例二 高價大尺寸BGA元件無損重工返修

客戶測試完的AI伺服器主機板上的大尺寸晶片，因焊接不良需做更換。客戶最擔心的是，拆下舊晶片後，人工清理電路板殘錫時會刮傷、扯斷脆弱的焊墊(Pad)，導致整片百萬級主機板報廢。針對此案例，宜特以自動無接觸的除錫手法解除了人工除錫可能刮傷焊墊的問題，大幅降低焊墊損傷風險，讓後續重新貼裝的新晶片能夠再次擁有完美的焊

接基底(圖8)。

當系統自動將舊晶片安全解焊並移除後，電路板上留下了參差不齊的殘錫。此時Auto Scavenger自動吸錫模組立即啟動。這是一個獨立的自動化模組，不需要操作人員費時設定。吸嘴會自動下降至電路板上方，在不接觸PCBA的情況下，自動、快速地將殘留焊料吸取乾淨(圖9)。

在2.5D/3D先進封裝帶動AI大尺寸晶片發展的趨勢下，焊接不良可能造成高價晶片與主機板的報廢。透過高精度貼裝、均勻加熱與自動除錫等技術，可降低貼裝與返修過程中的損傷風險，提升AI伺服器主機板的製造與維修可靠度。END

(本文作者任職於iST宜特科技)