

# mSAP : 5G 智慧型手機不可或缺的 全新 PCB 製造技術

奧寶科技 PCB 事業部行銷部門副總裁 Meny Gantz



進階半加成製程與先進製造技術實現了以更低的成本和更高的產速生產高密度互連的智慧型手機。

消費性電子產品的製造商所面臨的壓力日益加劇，不僅要設計出滿足客戶需求的時尚精巧的裝置，還需要在外觀與功能上取得平衡，使產品能夠在對手眾多、競爭激烈的市場上脫穎而出。這正是智慧型手機市場的最佳寫照，最新一代手機的成敗，左右著企業財富的多寡。

而談到智慧型手機的設計，裝置機殼內每節省一毫米的空間，都可以為終端客戶創造巨大的價值。節省了空間，就能採用更大、解析度更高的顯示器，容量更大的電池，以及更精密的處

理器和元件。這些全都可以強化裝置的功能性，同時提升使用者的整體體驗。

這種外觀尺寸導向型設計所帶來的壓力已因增加使用高密度互連板 (HDI) 而部分獲得舒緩，這項技術可在每一單位面積內容納比傳統印刷電路板更多的功能。HDI 設計採用更精密的線路設計、更纖薄的材料，以雷射鑽孔互連，在智慧型手機與其內嵌系統日益小型化的趨勢中，扮演著相當關鍵的角色。

然而，隨著我們從 4G LTE 發展到相容 5G 的新一代智慧型手機，PCB 產業的 HDI 製造方法也必須隨之進步。大規模 MIMO (多變數控制系統) 天線配置與日益複雜的射頻前端，將使射頻線路在 5G 智慧型手機內佔據更多空間，而在眾多其他因素之中，支援海量 5G 資料所需的處理能力也有可能影響電池容量與幾何結構。如此一來，儘管輸入/輸出需求增加，5G 智慧型手機內可供 HDI PCB 使用的空間仍將大幅減少。

此外，由於 5G 固有的頻率更高，因此需要更嚴格的阻抗控制。如果未透過極為精密的方式成形，HDI 更纖薄的線路可能增加訊號衰減的風險，降低資料完整性。

## 加成與減成

PCB 製造商可以利用進階版半加成製程 (mSAP) 克服這些困難。mSAP 早已被廣泛應用於 IC 載板生產，目前正在成為先進 HDI PCB 製造業廣泛採用的技術。

目前的線寬/間距要求已降至 30/30um，預計會進一步降至 25/25 乃至 20/20。mSAP製程能夠完全支援這些需求，讓 5G 智慧型手機製造商能夠獲得前所未有的裝置密度，同時利用優異的導體幾何結構，在高頻率操作之下實現嚴格的阻抗管控。

mSAP影像轉移基本上與傳統減成法相反。在減成製程中，細線的成形是先以抗蝕劑感光膜覆蓋銅層，然後使用影像轉移設備對要保留銅的部分進行成像，再將未被覆蓋的銅面蝕刻掉。

這種方法的主要缺點在於，用來垂直蝕刻線路的化學處理方式也會溶解掉線路上方水準方向的銅。從橫切面來看，產生的線路橫切面將呈現梯形。梯形線路可產生高頻訊息的流失，而在線路成形寬於預期的情況下，也會影響電路密度。

相反，如果採用 mSAP，則會在基材上覆蓋一層薄銅，然後在未覆蓋感光膜的區域進行電鍍，因此製程本身其實是一種「加法」。然後將導體間距之間殘留的薄銅蝕刻掉。線路幾何結構在減成程式中以化學方式進行定義，mSAP 則可透過顯影後的乾膜製程定義線路幾何結構。因此線路以更高精度的垂直牆壁構成，產生能夠達到最大電路密度的矩形橫切面，並實現準確的阻抗控制以減少訊息流失。

mSAP 製程所產生的矩形效益更大，能透過更低的訊號損失實現最大的電路密度與準確的阻抗控制。

## 先進的製造技術

mSAP 將協助 PCB 製造商克服 5G 智慧型手機先進 HDI 生產過程中的技術難題，但 mSAP 最終必須以成本最小化、產能與良率最大化的方式實施，以確保獲得足夠的投資回報率。雖然 IC 載板生產能夠輕鬆吸收經常伴隨 mSAP 而來的高額成本，但從成本與生產效率的考量來看，智慧型手機 PCB 製造的利潤空間相對低了許多。

為了有效採用 mSAP 進行量產，PCB 供應商在先進製造工具和技术方面的投資也越來越大，以期在 4G LTE 向 5G 智慧型手機轉型的過程中維持並進一步擴大其競爭優勢。在此情況下，具備更高密度與精確構線的 HDI 將成為關鍵性需求。

這些 PCB 製造商採用先進的直接成像 (DI) 系統，能夠實現 10 微米的線寬和 15 微米的間距，對位精度高達 7.5 微米，從而確保精確的均勻度。這些能力可以同時使用先進的分割對位功能，能夠在單片 PCB 內實現分割對位曝光。



DI 系統配備高景深 (DoF) 與多波長光源，能夠在各種感光膜上產生更清晰的邊緣架構，同時維持高產能、高品質與一致的均勻度。

PCB 製造商可以利用先進的自動光學檢測 (AOI) 系統快速精確地識別 HDI 缺陷，進一步強化品質確保程式，並減少可能耽誤生產製程的假點。此外，可以採用二維測量功能持續自動在線測量上幅及下幅線路寬度，利用流暢的取樣技術確保準確且可重複的測量，同時實現最佳的阻抗控制。

PCB 製造商也可適時採用自動光學成形 (AOS) 系統消除斷路、缺口及短路等缺陷。利用重建原稿設計的 3D 成形功能，AOS 系統能夠應用在內層和外層。鑑於手動修復的精度已經有所欠缺，並且可能損壞面板，而 AOS 卻可以實現高度精準、高品質的成形，顯著提升良率，幾乎消除 PCB 報廢，藉此為終端客戶建立極具競爭力的成本結構。

理想情況下，這些先進 HDI 製造解決方案應透過軟體架構串聯在一起，在整個生產製程中收集資料，確定在每一個接觸點處 PCB 的處理時間、位置及方式。這樣有助於在需要進行 QA 故障排除時確保端對端 HDI 追蹤能力，同時提供製造工作流程的全方位視角。

5G 智慧型手機的發展需要採用全新的先進 HDI 製造方法，以達到板載內嵌電子零件的最大密度，同時降低高頻率時的 RF 訊號阻力。mSAP 讓 PCB 供應商不僅能夠滿足這些嚴格的要求，還能利用 DI、AOI 及 AOS 技術降低製造成本、提高生產產能，實現良率最大化。

本文首次發表在 Electronic Design [www.electronicdesign.com](http://www.electronicdesign.com)

