



Electronic Materials

DOW ELECTRONIC MATERIALS
陶氏電子材料
INTERCONNECT TECHNOLOGIES
電子互連技術

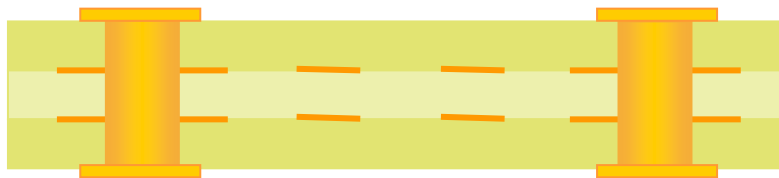
Technical Communications
科技專刊

Cost Effective Electroplating

高性價比電鍍

April 2009
2009年4月

本文同步發表於 PCB007 網站



高性價比電鍍

自從法拉第時代以來，電鍍業的物理學一直沒有改變，但是印製線路板工業的電鍍藥水和設備經歷了不停地演變。早些年印製線路板工廠中，因為使用堊式焦磷酸鹽電鍍銅工藝所以總是瀰漫著氨水的氣味。這種工藝已經被酸式電鍍銅工藝所取代，這種工藝最開始的時候是使用染料型添加劑，但是現在也漸漸地被非染料型添加劑所取代。

電鍍是資本密集型制程，它經常成爲一個製造工廠的瓶頸所在。因此對流程進行優化並獲取最高的生產率就顯得特別重要。在十九世紀七八十年代，垂直掛具式設備加上單一的添加劑系統就能夠應付所有的板面設計，而且只需要根據板面設計的複雜程度調節電

鍍時間和電流密度參數即可。但是現在我們對不同的板面設計進行電鍍銅流程優化，就需要考慮很多的電鍍銅流程工藝參數和條件。

電鍍中的不同步驟中允許我們針對不同的板面設計採取最合適的方案。板面設計和電鍍流程的有效配合將帶來更高的效率、更好的性能表現和更低的成本。

如果只加工一種印製線路板的板面設計，電鍍流程能夠對此採用特定的最優化參數，但是如果有多種不同類型的板面設計，就需要對更多的電鍍參數進行考慮。

表格 1：典型的印製線路板分類

| 設計類型 | 典型的厚度 | 孔的縱橫比 |
|--------|--------------|-------|
| 雙面板 | 0.1 – 2.0mm | 低 |
| 多層板 | 0.8 – 12mm | 低-高 |
| 高密度互連板 | 0.8 – 2.0mm | 低-中等 |
| 軟性板 | 0.05 – 0.1mm | 低 |

特定的終端市場要求將影響最小的銅厚、銅面的分佈性以及電、熱、機械性能，這些也將影響流程的選擇。

表格 2：最終用戶的可靠性要求

| 市場 | 可靠性要求 |
|----------|--------|
| 消費者 | 低 |
| 工業 | 中等 |
| 汽車（客艙內） | 中等 |
| 汽車（動力艙內） | 高 |
| 醫藥 | 中等 / 高 |
| 軍事/航空 | 非常高 |

現今電鍍體系中，流程供應商能提供比以前更多的選擇方案，選擇對應於市場、設計和

客戶需求的最佳方案將極大地影響生產成本和產品的性能。

表格 3：電鍍銅設備和添加劑體系選擇

| 設備 | 整流器 | 陽極類型 | 添加劑系統的相容性 |
|---------|--------|------|--------------|
| 水平式 | 直流電 | 可溶性 | 低電流密度 |
| 垂直式 | 週期性脈衝電 | 不可溶性 | 高電流密度 |
| 垂直連續式設備 | | | 填孔 |
| | | | 光亮, 不光亮, 啞光, |
| | | | |

相對於垂直掛具式設備而言，水平或垂直連續式設備中陽極和陰極距離靠近，可以改善鍍銅表面的分佈性。此外，因為每塊板都有著相同的電鍍過程，所以改善板與板之間的一致性。但是，為了減少設備的尺寸和成本，一般要求使用比較高的電流密度，但是在這種情況下，為了達到要求所需的深度能力，所以經常需要採用脈衝電鍍整流器和相應的添加劑，而這又會增加成本和複雜性。

在另一方面，在處理不同設計的板料和電鍍參數需求的時候，垂直掛具式系統有更好的靈活性，因為在同一條垂直掛具式線上可以有幾種不同的電鍍溶液。所以如果產品設計中包括 10%高縱橫比的板，80%常規的多層板，以及 10%的高密度互連填孔板，則 3 種不同的電鍍溶液會被使用到，這時可以使用

垂直掛具式線根據不同的要求進行分區操作。

另外一個需要作出的決定涉及選擇板電 還是圖電，或是否使用半板電以平衡板電和圖電相比的“優勢”。相對於圖電而言，板電能有更好的銅面分佈性，但是會降低精細線路蝕刻的產率和產能。

另外還要考慮到終端用戶對印製線路板的需求，以及將來新擴張的電鍍產能的影響。此外還需要考慮到的因素包括填微孔的使用會越來越多、最小的線間距會越來越小、耐熱可靠性以及阻抗和信號完整性要求會越來越高。因為汽車、軍事和航空業的要求和消費性電子產品的要求完全不一樣，所以目標客戶的變化也必須考慮進來。

設計電鍍銅流程

在優化電鍍銅流程的最初階段是先收集關於產品和性能要求的相關資訊，具體如下：

- 板的數量
- 板的加工批次大小
- 最小和最大的板厚
- 板的生產流程
- 最小的孔徑和孔中間的銅厚
- 填微孔的尺寸
- 填孔尺寸
- 最小的表面形體尺寸
- 焊盤的平整度
- 熱、機械性能要求
- 阻抗控制要求

對上述問題的答案應與現時及未來客戶的需求相結合，而這有助於選擇最佳的設備供應商和電鍍產品，以滿足所有的需要。

如果通過以上的分析發現板的設計和客戶需求經常變化，可以考慮採用兩種或更多的電鍍體系來優化生產效率，控制成本並滿足客戶需求。

另外詳細地考慮板的設計的大體類別將對流程設計有幫助。

圖 1：常規的多層板



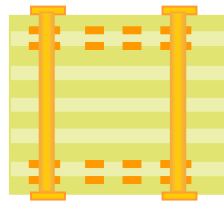
儘管多層板可以採用不同的電鍍流程，但是對於最終使用而言，鍍銅的物理性能是決定可靠性的關鍵性因素。如果電鍍過程中不加以優化，在系統組裝及使用中積累的應力可

能會導致過早損壞，而銅厚不夠的位置一般會更早出現問題。雖然這種缺陷多由鑽孔不良導致，但是未經優化的電鍍過程會使這種瑕疵顯得更嚴重，譬如。

- 深鍍能力不佳
- 電鍍平整度不佳
- 添加劑比例失調導致的過薄轉角
- 沒有經過優化的脈衝整流電鍍
- 老化或被污染的槽液

電解液在開始的時候會有 很好的性能表現，但是它會隨著污染和副產物的產生而逐步下降直至失效，所以有必要使用碳芯過濾、碳處理和更換槽液等方法保持槽液的性能，減少因為深度能力不夠、表面分佈不均、延展性不夠好而帶來的巨大損失。

圖 2：厚板



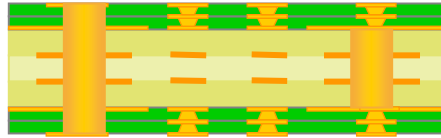
“厚板”一般來說都是相對的。對於電鍍過程中一般使用 0.8mm-1.6mm 板料的客戶而言，2.4mm 的板料就算是厚板，但是對於其他客戶而言，最高厚度為 12mm 的通信系統背板才算是厚板。這種超厚的通信系統背板看起來更像是一扇門而不是印製線路板，在生產過程中需要特殊的電鍍處理設備和電解液來達到其特殊的要求。

其他 2.4mm-4.8mm 厚度的板，一般通過最新的脈衝電鍍添加劑和垂直掛具式電鍍體系，採用圖鍍的方法可以達到優良的深度能力和分佈性，而且在此種電鍍體系中生成的等軸型銅結晶能夠滿足終端用戶的可靠性要求。

厚的背板一般與壓合型連接器一起使用，其對通孔的電鍍厚度和均勻性均有著很嚴格的要求，所以通常要求使用低電流密度和較長的電鍍時間來實現最佳的電鍍效果。這種尺

寸特別，而且比較厚重的板對操作和夾具也有專門的要求，因為很容易從架上摔下來而造成嚴重的損害。

圖 3：高密度互連(HDI)板



HDI 板的應用已經從消耗電子設備擴展到市場的各個方面，填鍍微孔的需求在未來的幾年也將不斷快速地發展，這些都將為板材生產商帶來了機遇和挑戰。HDI 板一般要求在同一塊板上進行多種金屬化流程，這種複雜的生產流程很容易成為生產領域的瓶頸，尤其是銅金屬化流程更容易成為其中的瓶頸。填孔過程中要求使用相對較低的電流密度和銅含量較高的專門的電解液來完成，而且這

種電解液要能夠適應於常規的電鍍設備。現在最好的填孔流程能夠很好地適用於板電和圖電，並且能同時提供很好的通孔深度能力和填孔能力。

隨著微孔的密度越來越高，直徑越來越小，設備的設計和溶液的迴圈在保證長期良好的填孔性能的過程中扮演著越來越重要的角色。

水平和垂直線中使用不溶性陽極的好處

在電鍍過程中使用可溶性陽極的傳統做法使槽液的管理相對比較簡單，因為消耗掉的金屬離子可以直接從溶解下來的陽極身上得到補充。近些年來，在電鍍銅的過程中使用不溶性陽極的使用越來越普遍，電解液中消耗掉的銅需要通過添加氧化銅等方式來加以補充。

使用不溶性陽極會使槽液的管理更複雜，為什麼反而越來越多的公司會青睞這種方式呢？

最早換用不溶性陽極的是水平電鍍銅單元，這種改變極大地減少了因為停線進行陽極維護而帶來的損失，並且增加了產率，而且避

免了銅陽極中的顆粒可能帶來表面粗糙等的問題，另外穩定的陽極外形可以保持最佳的銅分佈，並且允許在生產中使用更高的電流密度。

水平過程中使用不溶性陽極可以帶來這麼多好處，那麼垂直線設備是否也應該考慮使用不溶性陽極呢？

越來越多的垂直線流程已經成功地改用不溶性陽極表明，這種做法帶來的技術和商業收益已經超過了其安裝和運行的成本。垂直線中採用不溶性陽極的好處和水平線中採用不溶性陽極的好處類似

- 穩定的陽極面積提供更好的銅面分佈
- 減少陽極維護
- 增加設備正常運行時間/生產能力
- 減少因為銅陽極的顆粒可能帶來的表面粗糙的潛在風險

另外還可以減少副產物的生成從而提高槽液的性能和使用壽命。

銅厚過度的影響

無論選擇哪種電鍍銅流程，過度的銅厚都會影響運行成本及性能，具體如下：

工廠的產能成本

工廠的運行成本

銅金屬和添加劑的物料成本

降低精細線路蝕刻和剝膜流程的生產能力

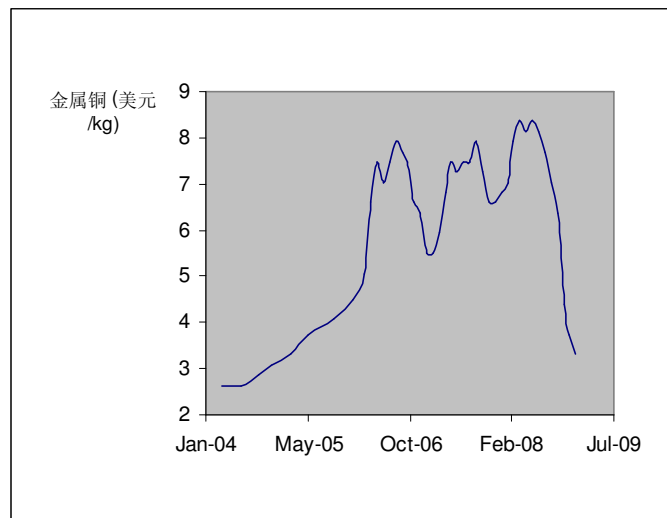
增加幹膜的厚度

增加錫掩膜的使用量

由於近些年來銅價的動盪更加劇了對流程的影響。銅在近幾年裏的價格從 2 美元/kg 變化到 9 美元/kg，極大地影響了印製線路板的成

本，也促使大家追求更高的生產效率和選擇最佳的與銅相關的工藝流程。

圖 4：金屬銅的價格(2004-2009)



所以在滿足終端客戶的需求的情況下盡可能地減少鍍銅的厚度以降低成本和優化工廠的利用率

總結

為了實現既能滿足終端客戶的性能要求又最划算的電鍍流程，需要考慮很多的因素。雖然通過仔細分析現在和將來生產上的需求來選擇合理優化的電鍍流程和相應設備的做法

耗時耗力，這些努力會帶來低成本、高產出、高效率及更高可靠性等實實在在的回報。

電子互連技術 科技專刊

陶氏電子材料將一如既往地致力於電鍍流程的發展，最大限度滿足終端客戶多種生產需求，保證我們的客戶能在印製線路板生產中得到最有性價比的電鍍銅藥水。

David Wayness 是陶氏電子材料的電子互連技術事業部的 行銷經理，如果有需要的話，可以通過 dwayness@rohmmaas.com 進行聯繫。

陶氏電子材料的電子互連技術事業部是全球的綜合性的電鍍產品供應商，提供包括清潔劑、微蝕、電解銅和錫等產品，而且也提供全套的 HDI 方面的填孔工藝 以及封裝材料的應用支援。