



**ELECTRONIC
MATERIALS**

ROHM AND HAAS ELECTRONIC MATERIALS

羅門哈斯電子材料

CIRCUIT BOARD TECHNOLOGIES

印刷線路板技術

Technical Communications

科技專刊

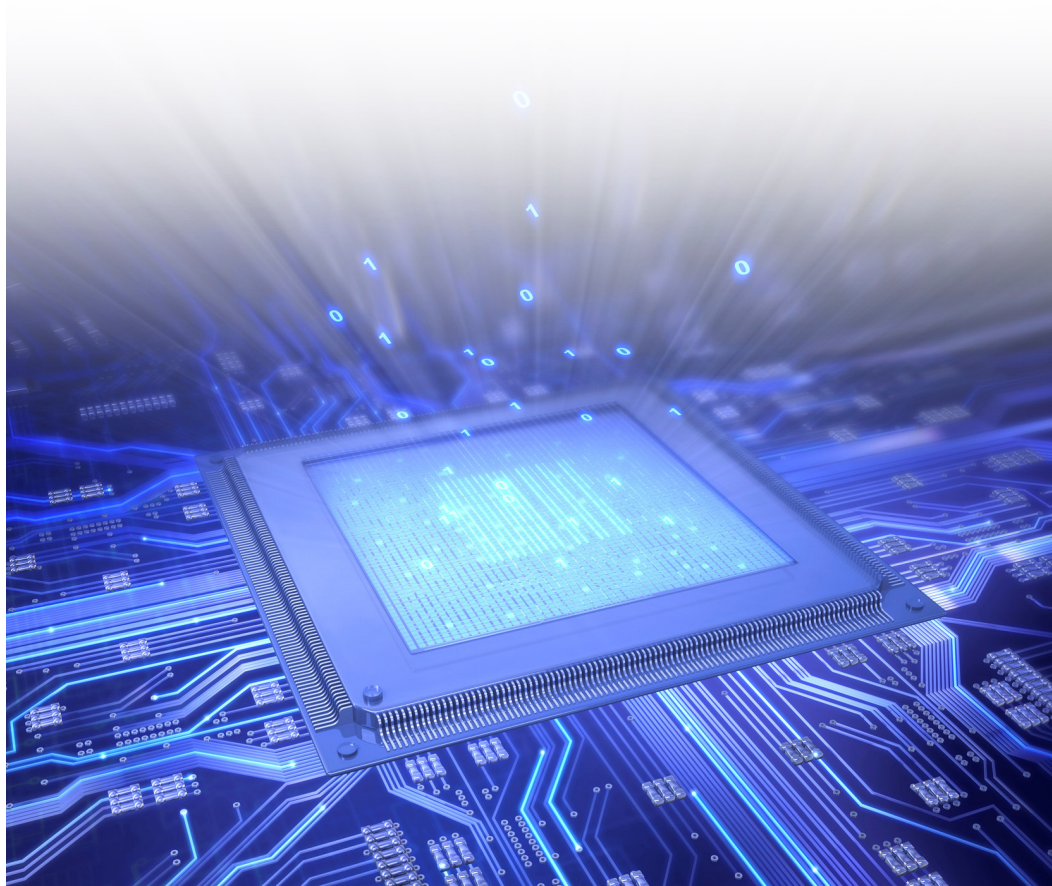
Solder Joint Reliability

焊接可靠性

July 2008

2008年7月

本文同步發表於 PCB007 網站



焊接可靠性

在世界的每一個角落，當手機或 PDA 跌在地上，機主都會感到萬分恐懼，當得知手機或電子手帳仍能正常操作，才能松一口氣。

焊接的可靠性是一個非常複雜的議題，我們需要加倍留意許多不同的因素，需要合適的材料和測試方法。

市場需要增加系統複雜性的同時，又要減少產品設計週期，故而業者只能不斷加速將獨立的半導體晶片以更密集的集成方式放在系統級封裝結構中。系統級封裝內 (sip)

的相互聯繫可以由倒裝晶片焊接或導線接合的方法來建立或者這兩種方法的組合。複雜包裝的持續演變迫使 PWB 底材去達到更高的互聯密度目標。

在攜帶型產品上，INEMI 委員會的裝配小組預測在 2011 年前最大的互聯點密度會達到每一平方釐米有 700 個之多，而最小的互聯間距會減少到 0.3 mm 以下。當間距減少的時候，會導致每一個焊點的面積，體積和強度變得更小，並且容錯度會更低。

影響焊接可靠性的因素

整體焊接的可靠性是取決於服務環境和系統設計的組合。

服務環境將決定產品需忍耐的極限溫度，電源接通或斷開的頻率和具體機械衝擊(例如，掉下)或震動壓迫的程度。

從系統設計的角度來看，一系列的因素都是重要的，這包括元件和底材的物理特性，焊接位元的分佈位置，焊錫合金主體的機械性能，形成的金屬間化合物的本質，和金屬間化合物在焊接點或焊墊介面的結構。費用的局限增加另外的限制，導至在各因素間的取舍決定很難作出。

對元件和底材而言，最關鍵的特性是它們的相對熱膨脹係數和強度以及對彎曲的抵抗能力。當系統狀態改變的同時，元件和底材的溫度也相對地改變(但是不總以同一速率改變)。在運行中的情況下，半導體晶片本身的溫度會高於旁邊底材的溫度。

膨脹係數錯配所引起的力量會由底材變曲的機制得以體現出來，從而加大了封裝件中心的焊接位元的壓力(此情況尤其是會發生在裝了堅硬 CSP 器件而含有機材料的薄底材上)。對於位於十分堅硬的底材上的大尺寸封裝結構，離開封裝結構中心最遠的焊點會因為膨脹係數錯配而承受最大的壓力。

焊接的幾何因素包括了焊墊大小，形狀和焊墊與綠漆的相關位置。根據一些文獻的敘述，“蝕刻設限”的焊墊比“綠漆設限”的焊墊較為可取，因為“蝕刻設限”的焊墊能夠允許焊錫擴展到焊墊角位甚至包圍整個焊墊的側壁。

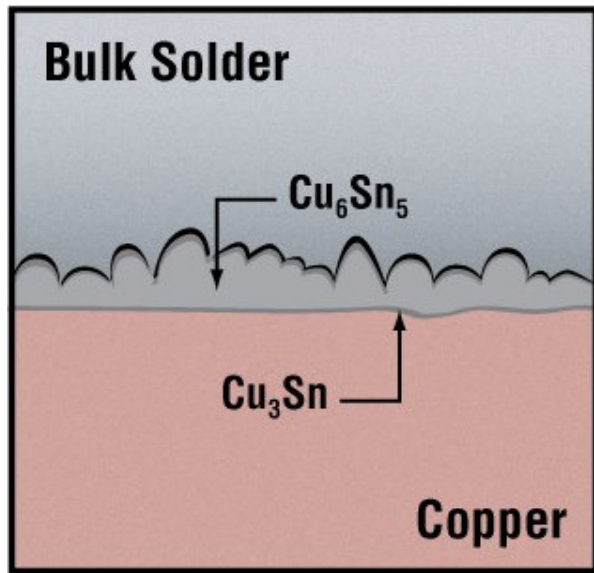
從焊料合金方面，擁有長期歷史的錫鉛共熔合金已經被許多既複雜又不太熟悉的無鉛合金所取替。

對錫鉛共熔合金系統因焊錫疲勞或蠕變所造成的焊接可靠性失效的機理，已有大量的模型被建立並記錄在案。而向無鉛焊錫的轉移引發大量的工作去瞭解清楚因合金物理特性的改變和焊點晶體結構上的差異而造成的不同失效機理。根據這些基本資訊，我們可以通過將測量材料特性和預測可靠性級別相聯繫的方法來建立合理的模型。但是由不良的表面沾錫能力或介面金屬間化合物結構所造成的失敗恐怕很難從這些途徑來建立模型。

能否形成一個既強而又可靠的焊接是根據熔融焊料是否能快速而均勻地潤濕經處理的焊接表面及能否與該表面相互作用而形成穩定的金屬間化合物介面層。

圖 1 顯示了如果焊接在銅的基材上時，除了會在焊料主體介面上形成一層 Cu_6Sn_5 ，在銅與金屬間化合物的介面之間，也會有一層 Cu_3Sn 的存在。

圖一: 金屬間化合物在銅與焊料介面上的形成示意圖



係: 元件和 PWB 底材上的表面處理的本質(包括他們的潔淨情況和狀態), 焊料合金的選定和組裝流程的條件(包括所用的助焊劑, 回流焊條件和回流次數)。

位於一塊線路板內的獨立焊點, 因其在組件內位置的不同的(如面陣列封裝中的中間位元與邊緣位元, 或元件內位於開闊地帶與鄰近具有大的熱質量的部件), 會在形成過程中經歷不同的熱量值與分佈。

另外, 最初的金屬間化合物的結構和厚度, 無論是在常溫還是工作溫度, 都會因為擴散過程的緩慢進行而發生重大的改變。

金屬間化合物, 例如於大部份經處理表面上形成的 Cu_6Sn_5 / Cu_3Sn 組合或者當焊接在經表面處理的鍍上的 Ni_3Sn_4 , 都遠比銅焊料合金堅硬和脆弱。關於金屬間化合物的結構, 有一些普遍的規則可以得出, 例如它會依附在基材上和不會形成孔隙的問題。但是對於金屬間化合物的結構及厚度對可靠性的影響, 是需要有很高深的經驗才有可能知道。

在組裝過程中所產生在焊料與焊墊介面上的金屬間化合物的厚度, 成分和結構, 是與三個因素有密切的關

測試方法

爲了避免根據間接度規去預測焊接可靠性這個困難, 從理想的角度來看, 每一件單獨產品都應該在最後裝配時作出測試來評估它的焊接能力。在這現實社

會中, 產品設計週期絕對不能允許這種做法, 所以必須依據各種各樣的非產品測試來外推焊接可靠性。

表一說明瞭在不同層次下需要什麼資料去預測焊接可靠性。

表一: 焊接可靠性的預測與評估方法

測試方向	典型量度	測試條件
材料方面	表面處理的厚度/成分 污染程度	未經處理 多次回流焊之後 加速老化之後
工藝流程能力方面	焊料擴散 沾錫時間/力量 焊料覆蓋	未經處理 多次回流焊之後 加速老化之後
回流焊方面(無組件)	焊接/IMC 結構分析 剪切力/拉力 介面失效評估	未經處理 多次回流焊之後 加速老化之後
測試板方面	互聯的連續性 焊接/IMC 結構分析 介面失效評估	未經處理 針對相應的應用做出加速的熱量或功率迴圈之後
產品方面	組裝後的電路測試 焊接/IMC 結構分析	未經處理 針對相應的應用做出加速的熱量或功率迴圈之後 現場服務之後

雖然現今在表面處理方面有許多建立已久或革新的選擇，又有很多方法可以提供到可靠性的相關資料，可是最當前的一項任務就是要掌握個別表面處理本身的不同能力和局限之處。

元件製造商，OEMs 和學術研究者最有可能在測試板方面提供有關資料。這樣的資料能夠幫到我們清楚知道特定些材料在個別應用方面的能力。

可以理解的是，通常發表在期刊或者在討論會上的研究報告只會集中在可靠性方面的工作。很不幸，這經常意味著表面處理上細節的描述也許是不夠全面的，也許會令讀者假設研究結論是適用於某一種特定類別內的所有表面處理方法，而實際上該研究結果只是適用某一特定表面處理方法。

由於焊接可靠性經常與表面處理某些細節特別有關，如作者在他們的研究報告上對於過程和材料特性加上比較完整的描述，將會使他們所提出的訊息變得更有價值。

對於測試板或最終產品的可靠性研究是十分昂貴和複雜的，並不適合於一般慣常的品質控制方面。

對於產品使用在 PWBs，引腳或 SMT 元件上的表面處理供應商，通常都會為內部產品開發，特性確定和品質管理去採取工藝流程能力或回流焊程度的測試。

表面處理供應商所提供的資料都會附帶特定產品和流程的詳細描述。例如，化學鍍層的成分資訊及 OSP 塗層的厚度資訊都會提供。

雖然這些測試相對易用是其優點，但弱點在於很難確定測試結果是否與一種特定失效模式有關係。

為未來作出計劃

針對他們的表面處理產品，材料供應商總是會願意與 PWB 製造者以及他們的客戶一齊去合作發展測試板或產品程度的資料。從這些研究所得出來的資料是經詳盡分析的表面制程和代表現實產品的測試結構間的完美組合。

確保將來的手機或 PDA 能夠抵禦多次不可避免的掉落之最佳方法，乃有賴於材料供應商積極與 PWB 製造者，CEMs 和 OEMs 建立緊密又良好的關係，並抱著同一個目標去加強整個業界對表面處理與焊接可靠性之間關係的理解。

References

- 1) iNEMI Board Assembly Roadmap Presentation Celestica-iNEMI Technology Forum May 2007.
- 2) ON Semiconductor: AND8081/D Flip Chip CSP Packages Application Note August 2003

Further Reading

King-Ning Tu, "Solder Joint Technology Materials, Properties and Reliability", Springer Science, 2007

Dongkai Shangguan, "Lead-Free Solder Interconnect Reliability", ASM International, 2005

Martin Bayes is a Research Fellow in the Circuit Board Technology group of Rohm and Haas Electronic Materials (Marlborough, MA). He may be reached at mbayes@rohmmaas.com

羅門哈斯電子材料提供用於表面處理的各項技術，包括化學鍍金技術 (ENIG)、化學鍍鈀金技術 (ENEPIG)、電鍍鍍金技術 (electrolytic nickel-gold) 與化學沉錫技術 (immersion tin) 等產品。