

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

不同鍍層基板無鉛錒錫球格陣列構裝接點之預處理與冷熱  
循環試驗

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2216-E-002-024-

執行期間：93年08月01日至94年09月30日

執行單位：國立臺灣大學材料科學與工程學系暨研究所

計畫主持人：莊東漢

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 11 月 8 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

不同鍍層基板無鉛鉛錫球格陣列構裝接點之預處理與冷熱循環試驗

Precondition and Temperature Cycling Tests for Pb-free Solder Joints of BGA Packages with Various Surface Finished Substrates

計畫編號：NSC93-2216-E002-024

執行期限：93年8月1日至94年7月31日

主持人：莊東漢 台灣大學材料系教授

## 一、計畫摘要

本計畫針對化銀基板無鉛鉛錫球格陣列構裝接點的可靠度分析，進行預處理與冷熱循環試驗。預處理主要在於評估產品對迴錫製程環境的敏感性，冷熱循環試驗則模擬鉛錫接點實際開關操作的溫度變化，而冷熱循環試驗包括疲勞壽命評估與疲勞裂紋觀察兩部份。為了比較化銀基板與其它錫墊表面鍍層的可靠度，本計畫同時涵蓋化金與化錫膜，並選用公認較具潛力的 Sn3Ag0.5Cu 無鉛鉛錫進行研究。

關鍵詞：表面鍍層（化銀、化金）、無鉛鉛錫、球格陣列構裝、預處理、冷熱循環試驗

## Abstract

This project is focused on the study of the reliability of Pb-free solder joints in ball grid array packages when applied with the immersion Ag surface finish. For reliability evaluation, the precondition test and temperature cycling test (TCT) are employed.

The precondition test is used for the evaluation of product sensitivity to the

environment of reflow processing, while the TCT is for the simulation of the temperature change during the actual on/off operation of the solder joints. The temperature cycling test involves the fatigue life evaluation and the fatigue crack observation. Immersion Au is also employed in this project in order to place the joint reliability of the immersion Ag pad in contrast with other surface finishes. The compositions of Pb-free solders are: Sn3Ag0.5Cu.

Key words: Surface finishes (immersion Ag, immersion Au), Pb-free solders, BGA, Precondition, thermal cycling test

## 二、計畫之背景及目的

國內電路板產業所採用表面鍍層方法（Surface Finishes）主要有化金（Immersion Ni/Au）、化錫（Immersion Sn）及有機OSP膜（ENTEK）三種，隨著先進電子構裝（BGA、Flip-Chip、CSP、COB等）的發展，這些傳統方法逐漸出現一些問題，最近國外大廠，例如 Intel 公司開始指定採用化銀（Immersion Ag，Ag/Cu）鍍層基板，在製程方面，國內業界極易依國外客

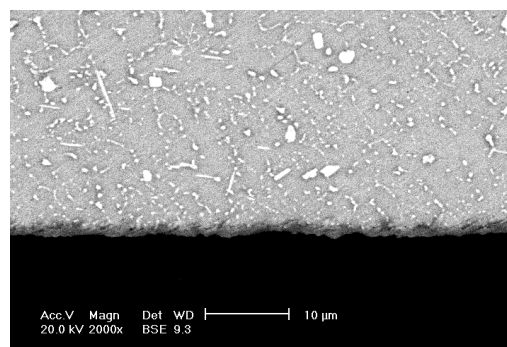
戶需求建立成熟的生產線，但是針對化銀基板的錫錫性（Solderability）及可靠度則了解不多，另外有關化銀基板錫錫接點經過多重迴錫之劣化情況亦是國內電子構裝業界極為關切的問題。本計畫的提出目的即在於建立化銀基板與其它表面鍍層基板（化金，Au/Ni/Cu）對錫錫接點可靠度資料，以提供國內業者應用參考，基於產業需求的時效性，實驗對象鎖定在球格陣列構裝；另一方面，為了因應國際環保趨勢，選用公認較具潛力的Sn3Ag0.5Cu無鉛錫錫進行研究。

本計畫鎖定球格陣列塑膠構裝（PBGA）做為研究，其在使用上最關鍵問題為其可靠度，由於晶片與塑膠基板（BT樹脂）黏結，使構裝在晶片區域的熱膨脹係數（CTE值）遠低於晶片以外區域，當構裝與電路板組合時，晶片區域的構裝與電路板熱膨脹差異（CTE mismatch）最大，而球格陣列構裝與電路板完全利用錫錫球連接，此一熱膨脹差異只能由錫錫球單獨承受，而使其在冷熱循環作用下極易受損。因此，針對球格陣列塑膠構裝的錫錫接點可靠度一直受到相當重視，有關的研究報告也很多<sup>1-10</sup>，這些報告涵蓋了各種影響因素，包括：錫球尺寸、錫球形狀、接點高度（stand-off height）、基板厚度、錫錫墊尺寸、錫錫墊形式（SMD或NSMD）、錫球分佈（全滿、中央空缺或間隔空缺）、錫球間距、迴錫氣氛等。本計畫進一步針對錫錫墊表面鍍層（Surface Finishes）之效應進行研究。

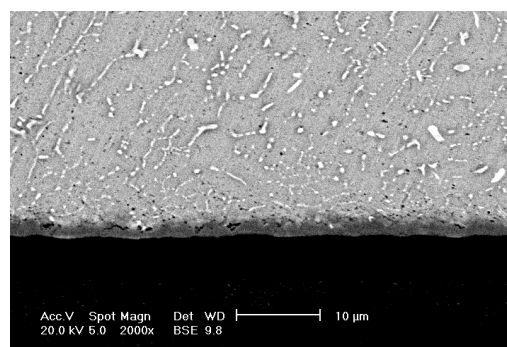
### 三、結果與討論

#### (1) 預處理試驗(the precondition test)

圖 1(a)與(b)分別為 Sn3Ag0.5Cu 錫錫在化金基板(Au/Ni/Cu)上迴錫一次與四次後之金相組織，由圖可知，經迴錫後界面處會產生厚約 2 $\mu$ m 的  $(Cu_{0.55}Ni_{0.40}Au_{0.05})_6Sn_5$  介金屬，經迴錫四次後界面  $(Cu_{0.55}Ni_{0.40}Au_{0.05})_6Sn_5$  介金屬明顯變厚。圖 2(a)與(b)分別為 Sn3Ag0.5Cu 錫錫在化銀基板(Ag/Cu)上迴錫一次與四次後之金相組織，由圖可知，經一次迴錫後錫錫墊上的化 Ag 層，已經完全溶入錫錫內部，在界面處生成扇貝狀  $Cu_6Sn_5$  介金屬，經迴錫四次後，界面扇貝狀  $Cu_6Sn_5$  介金屬粗大。

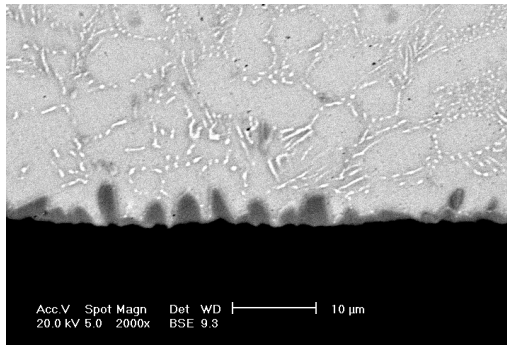


(a)

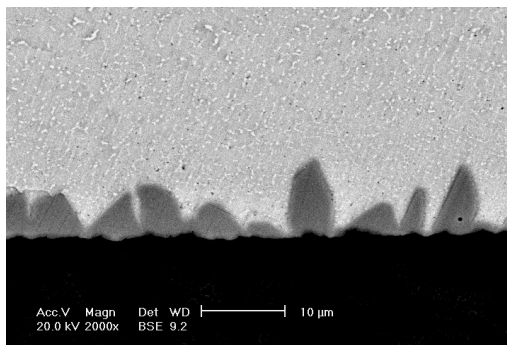


(b)

圖 1. Sn 3 Ag 0.5 Cu/化金基板，經不同迴錫次數後之金相圖(a)一次迴錫(b)四次迴錫

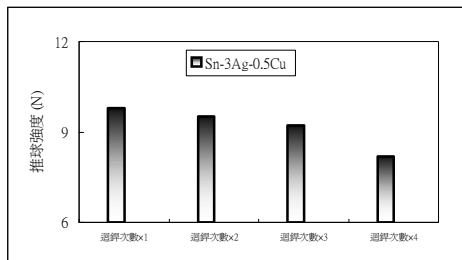


(a)

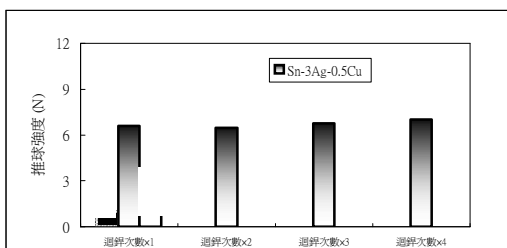


(b)

圖2. Sn 3 Ag 0.5 Cu/化銀基板，經不同迴錫次數後之金相圖(a)一次迴錫(b)四次迴錫



(a)



(b)

圖3. Sn3Ag0.5Cu錫錫在多次迴錫後，強度與迴錫次數之關係(a)化金基板(b)化銀基板

圖 3(a)與(b)分別為 Sn3Ag0.5Cu 錫錫，在化金基板(Au/Ni/Cu)與化銀基板 (Ag/Cu)上多次迴錫之靜態推球強度關係圖。由圖可知，經迴錫一次後，Sn3Ag0.5Cu 錫錫在化金基板上(9.79N)比起在化銀基板上(6.61N)具有較高的強度，隨著迴錫次數的增加，在化金基板或化銀基板上其強度值均些微下降，而化銀基板的下降程度則較為平緩，另外在破斷面觀察顯示，無論是化金或化銀基板均為延性破斷發生於錫球內部。

## (2) 冷熱循環試驗 (the temperature cycling test)

由於傳統的冷熱循環試驗非常耗時，1000 循環通常約需要40 天，對於產品週期很短的電子產業是一大困擾，而冷熱循環試驗的破損模式基本上是疲勞作用所造成，直接對球格陣列構裝模組施加機械力循環，進行動態疲勞試驗，將可大幅縮短錫錫接點可靠度評估的時程，對於構裝新產品的設計與開發極有助益。針對此需求，本年度利用本實驗室所擁有國內最先進的微小負荷動態試驗機 (MTS-Tytron250) 進行 Sn3Ag0.5Cu 無鉛錫錫球格陣列構裝的相關可靠度試驗，並以非破壞方式In-Situ量測、記錄整體構裝模組的電阻歷史，直至電路成開路，進行疲勞壽命評估。動態彎曲疲勞實驗顯示 Sn3Ag0.5Cu錫錫球經迴錫後或經150°C時效後，在化銀基板 BGA構裝(平均約為400 cycles)中，整體疲勞壽命均較在化金基板BGA構裝(平均約為2000 cycles)中短很多。

另外，疲勞試驗後的試片經研磨拋光後，以Philips XL-30掃描式電子顯

微鏡 (SEM) 進行疲勞裂紋成長的觀察，與所求得的疲勞壽命相互比較及驗證。觀察疲勞破壞的樣品截面，發現 Sn3Ag0.5Cu 在化金基板 BGA 構裝中，裂痕大都是從界面介金屬與錳墊中間穿過(如圖4所示)，而在化銀基板 BGA 構裝中，則多為從界面介金屬與錳錫間穿過(如圖5所示)。而由動態彎曲疲勞可靠度實驗的裂紋觀察，更確實反映出錳錫接點可靠度與界面介金屬的關係，如界面介金屬的厚度、性質與種類均對於疲勞壽命均有不同程度的影響。

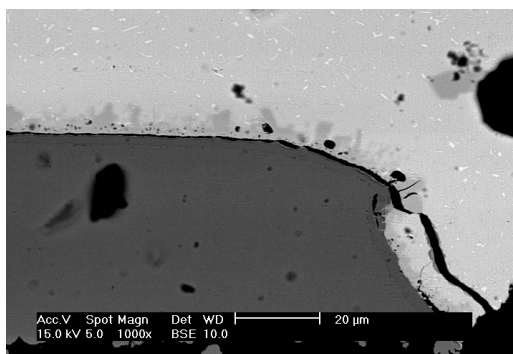


圖 4. Sn3Ag0.5Cu 錳球在化金基板 BGA 構裝中迴錳後，經反覆 3%撓度作用下，疲勞裂紋擴展路徑而致斷裂情形

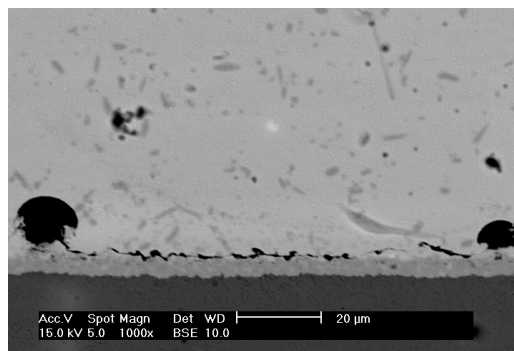


圖 5. Sn3Ag0.5Cu 錳球在化銀基板 BGA 構裝中迴錳後，經反覆 3%撓度作用下，疲勞裂紋擴展路徑而致斷裂情形

#### 四、計畫成果自評

本研究選用 Sn3Ag0.5Cu 無鉛錳，分別在化金與化銀基板 BGA 構裝中，進行多次迴錳後劣化情形研究與動態彎曲試驗疲勞壽命評估，以提供化銀基板上接點可靠度資訊，對於產、學、研界應有相當的幫助。

#### 五、參考文獻

1. C.E. Ho, R. Zheng, G.L. Luo, A.H. Lin, and C.R. Kao, *J. Electron. Mat.* 29, 10(2002) 1175-1181.
2. D. Cullen, *IPC Works' 99*, Minneapolis, MN, Oct. 27(1999).
3. Z.M. Guo, G.X. Liu and J. Du, *Acta. Metal. Mater.*, 41, 4(1993) 1293-1300.
3. K.S. Kim, S.H. Huh, and K. Sugauma, *Mat. Sci. Exp.*, A333(2002) 106-114.
4. K. Noguchi, M. Ikeda, I. Shimizu, Y. Kawamura, and Y. Dhno, *Mat. Trans.* 42, 5(2001) 761-768.
5. T.Y. Lee, W.J. Choi, K.N. Tu, J.W. Jang, S.M. Kuo, J.K. Lin, D.R. Frear, K. Zeng, and J.K. Kivilahti, *J. Mat. Res.*, 17, 2(2002) 291-301.
6. R.C. Pfahl, *IMAPS-Brazil*, Aug.(2001).
7. D.W. Henderson, T. Gosselin, and A. Sarkhel, *J. Mat. Res.*, 17, 11(2002) 2775-2778.
8. Y. Kariya and M. Otsuka, *J. Electron. Mat.*, 27, 11(1998) 1229-1235.
9. F. Guo and K.N. Subramanian, *Adv. Mat. Process.*, Dec.(2002) 41-43.
10. K. Wu, N. Wade, J. Cui, and K. Miyahara, *J. Electron. Mat.*, 32, 1(2003)5-8.