

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

無鉛錒錫球格陣列構裝製程與可靠度分析（第二年）

The analysis of the process and reliability for the ball grid array package (2nd year)

計畫編號：NSC90-2216-E-002-031

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：莊東漢教授 台灣大學材料

共同主持人：林景崎教授 中央大學機械系

葉明勳副教授 中華大學機械系

方治國教授 中華技術學院機械系

一、中文摘要

球格陣列構裝是目前世界上最常使用的構裝技術，因為其擁有高密度、散熱性佳、自動對位及高良率的技術。本實驗將進行無鉛錒錫在球格陣列構裝上的可靠度分析。

可靠度試驗中的推球強度顯示錒錫的強度與微結構有關，在鉛錒接合界面上，脆性及弱化現象與(Au,Ni)Sn₄化合物生成有關。所以在無鉛錒錫的球格陣列實驗中，亦研究金脆現象及對可靠度結果的影響。

Abstract

Ball grid array(BGA) packaging is nowadays the most worldwide packaging technique because of the high packaging density, good heat dissipation, self alignment, and high yield. This research is investigated the lead-free solders about the reliability test of the solder ball.

Results of ball shear test showed that the strength was corresponded to the microstructure of the solder. In the other hand, god embrittlement took place at the (Au,Ni)Sn₄ interface at tin-lead joints, which led to a brittle and weak joint. And the lead-free solder also have the god embrittlement in the joint and affect the

reliability of the packaging.

二、計畫的源由與目的

隨著時代的進步，IC 元件不斷朝小型化、高功能化發展。而使製程技術不斷翻新以滿足市場的需求。當 IC 努力朝毫微米技術研發的同時，相對的構裝技術也必須要跟著進步，才能使整體效能提升。本實驗以目前最常使用的無鉛錒錫和傳統鉛錒合金做比較，希望找出合適的無鉛錒錫因應無鉛化的世界潮流。

三、結果與討論

表一為各種錒錫的推球強度。表中可看出 Sn-37Pb 和 Sn-3.5Ag 強度相近。圖一為各種錒錫迴錒後的金相組織

圖二(a)為 Sn-3.5Ag 在 125 °C，時效 1000 小時的金相組織，在 Sn3.5Ag BGA 的接點界面反應上，隨著時效時間增加 AuSn₄轉變為 (Au, Ni)Sn₄但並不是形成連續層而是塊狀分佈在錒球基地中，塊狀(Au, Ni)Sn₄隨著時間與溫度的增加而粗化，且其成分組成趨近穩定。此現象是因為 Sn3.5Ag 具有較高的 Ni 固溶度，當時效進行時大量的 Ni 原子可以在基地中進行擴散，因此可以直接形成(Au, Ni)Sn₄。當長時間時效後的 Sn3.5Ag BGA 試片進行一次後迴錒，基

地中的(Au, Ni)Sn₄完全分解溶回基地。

圖二(b)為 Sn8Zn3Bi 在 175 °C，時效 1000 小時的金相組織，在球格陣列反應中，Au 層在迴錫時就會形成條狀的白色γ相且自界面剝離至液態錫中，當經過時效處理後，白色γ相會轉變為灰色的γ₃相，此相變態不會影響錫球強度。在 Sn8Zn3Bi/Ni 界面上形成 Ni₅Zn₂₁的界面生長層，其生長為擴散機構所控制，成長活化能為 51.8 kJ/mol。當時效溫度高於 150°C 時，Ni₅Zn₂₁厚度增加速率很快，同時推球強度也會大幅下降，而且推球破損型態會由錫球中的延性破裂到界面的脆性破裂。

圖二(c)為 Sn0.9Cu 在 150 °C，時效 1000 小時的金相組織，在 BGA 的接點界面反應上，隨著時效溫度、時間的增加，Au 原子會回到界面形成 (Cu,Au,Ni)₆Sn₅ 相，時效後所生成之 (Cu,Au,Ni)₆Sn₅ 相的 Au 原子含量約為 12at%，與迴錫後所生成之 (Cu,Au,Ni)₆Sn₅ 相略有差異，此時基地仍存在著 (Au,Ni)Sn₄ 相；由推球試驗得知試片在時效初期會有強度遽降的現象，當時效時間大於 100 小時後則呈穩定值，時效後其破斷型態亦為延性破斷。

圖二(d)為 In49Sn 在 100 °C，時效 300 小時的金相組織，由圖可看出 Au(In,Ni)₂ 介金屬被一層富錫相() 包覆，此可推斷是錫球內之錫原子與 Au 原子及微量之 Ni 反應生成介金屬 Au(In,Ni)₂ 後，造成界面處為 In 的空乏區，使其富錫相緊連在 Au(In,Ni)₂ 介金屬上方。時效時間超過 300 小時後，原先生成在 Au(In,Ni)₂ 與 Ni 層之間的很薄的介金屬層增厚，並在外圍會產生顆粒狀介金屬，此層狀及顆粒狀為 Ni₃₃In_{18.5}Sn_{48.5} 介金屬。

圖二(e) Sn20In2.8Ag 在 150 °C，時效 1000 小時的金相組織，在 150 °C 時效當 Ni 層消耗完畢後，Cu 原子會快

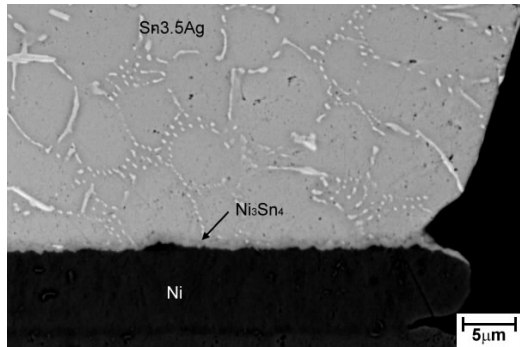
速擴散進入錫球中，並與 Ni-Sn-In 三元介金屬反應形成 (Cu,Ni)₆(Sn,In)₅ 四元介金屬，同時錫球也會擴散進入 Cu 層，形成 Cu₆(Sn,In)₅ 介金屬。Sn20In2.8Ag 球格陣列構裝，150 °C 時效後推球剪力強度比 100 °C 時效高，此現象是因過高時效溫度使 Cu 迅速和錫球中形成 (Cu,Ni)₆(Sn,In)₅ 介金屬所造成。

四、計畫成果自評

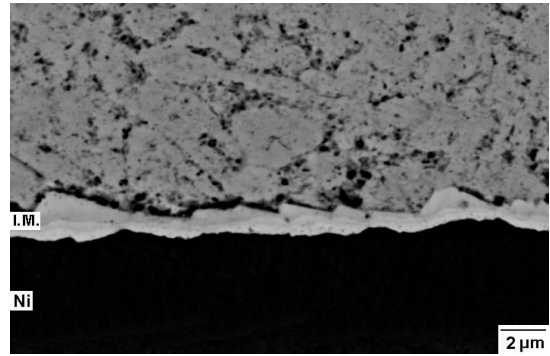
本計畫針對各種常用的無鉛錫球與傳統的無鉛錫球做比較。本實驗針對不同時效條件下做推球強度的測試及界面組織的觀察，藉以模擬 BGA 使用所可能會碰到的問題。

五、參考文獻

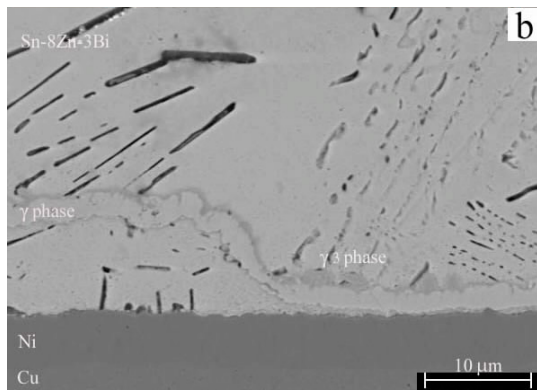
1. 余昭倫 “ Sn37Pb、Sn36Pb2Ag 與 Sn35Ag 錫球格陣列構裝界面反應研究 ” 國立台灣大學材料科學與工程學研究所博士論文，2001
2. 邱明彥 “ Sn8Zn3Bi 無鉛錫球膠與陶瓷格陣列構裝界面反應研究 ” 國立台灣大學材料科學與工程學研究所博士論文，2001
3. 王逸敏 “ Sn0.9Cu 球格陣列構裝界面反應研究 ” 國立台灣大學材料科學與工程學研究所碩士論文，2001
4. 吳惠敏 “ In49Sn 球格陣列構裝界面反應研究 ” 國立台灣大學材料科學與工程學研究所碩士論文，2001
5. 吳峰誌 “ Sn20In2.8Ag 球格陣列構裝界面反應研究 ” 國立台灣大學材料科學與工程學研究所碩士論文，2001



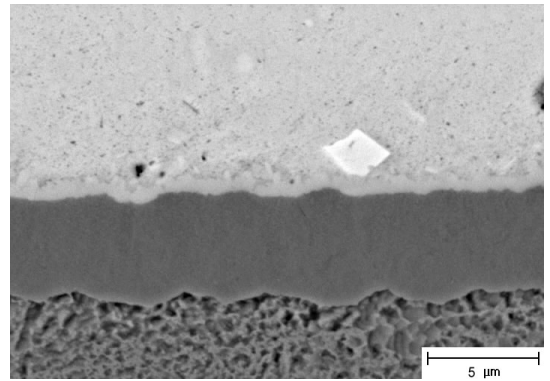
(a) Sn-3.5Ag



(d) In-49Sn

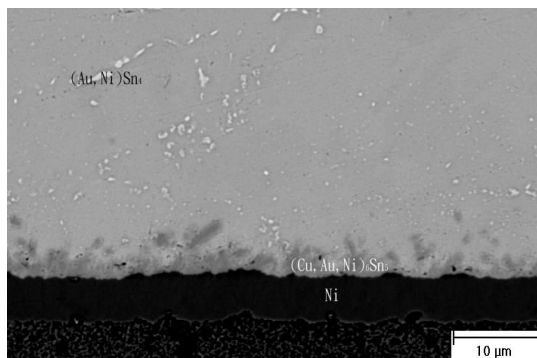


(b) Sn-8Zn-3Bi



(e) Sn-20In-2.8Ag

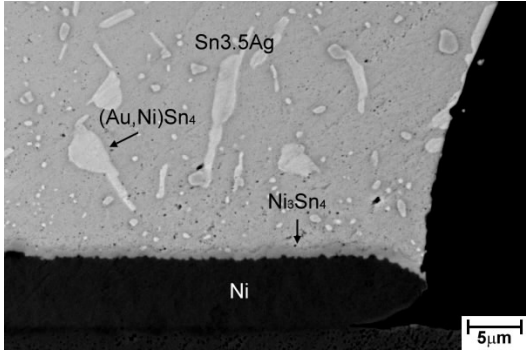
圖一 各種錫迴錫後的金相組織



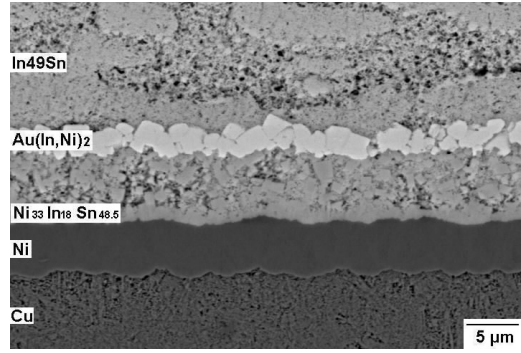
(c) Sn-0.9Cu

表一 各種錫的通球強度

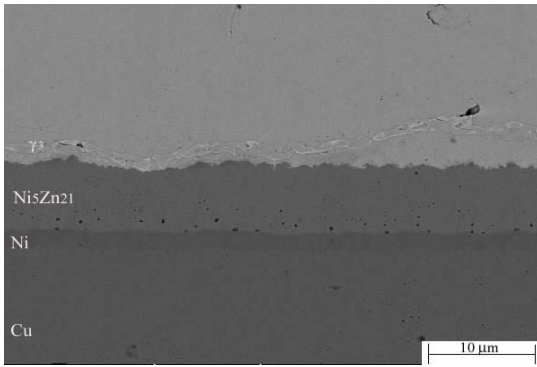
材料	熔點 溫度	迴錫 條件	推球 強度
Sn-37Pb	183	225 /60 秒	8.68
Sn-3.5Ag	221	240 /60 秒	8.69N
Sn-0.9Cu	227	240 /60 秒	8.35N
Sn-8Zn-3Bi	197	230 /60 秒	12.09N
In-49Sn	120	170 /70 秒	3.30N
Sn-20In-2.8Ag	187	230 /60 秒	5.03N



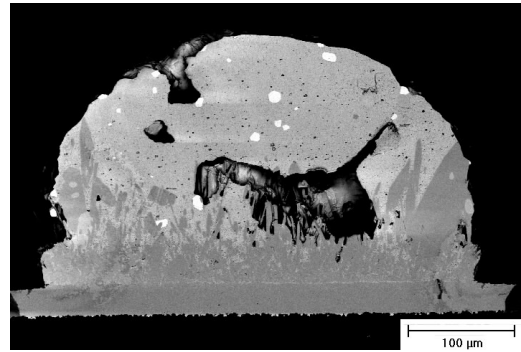
(a) Sn-3.5Ag
(時效條件：125 /1000hr)



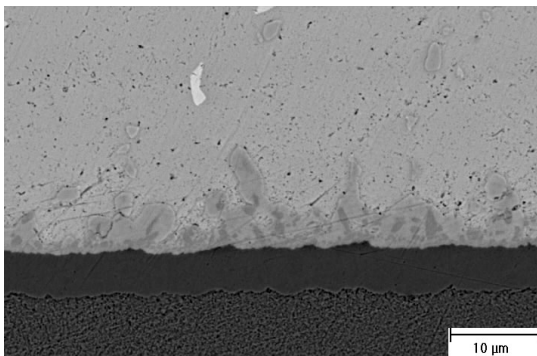
(d) In-49Sn
(時效條件：100 /300hr)



(b) Sn-8Zn-3Bi
(時效條件：175 /1000hr)



(e) Sn-20In-2.8Ag
(時效條件：150 /1000hr)



(c) Sn-0.9Cu
(時效條件：150 /1000hr)

圖二 各種鋁錫時效後的金相組織