

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 固液擴散接合法製作電子構裝耐熱微接點研究

### Subprogram I : Studies on the Interfacial Reaction of Thermally Stable Microjoints by Solid-Liquid Interdiffusion Bonding (SLID)

子計畫一：固液擴散接合耐熱微接點界面反應研究

計畫編號：NSC89-2216-E002-029

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：莊東漢 台灣大學材料所教授

#### 一、中文摘要

固液擴散接合是利用一種低熔點金屬薄膜做為中間層在較低溫溶解並與電子構裝的金屬化層快速反應形成高熔點的介金屬化合物而達到低溫接合高溫使用的特殊功能。本子計畫主要針對其界面反應之機理及動力學進行深入的探討。本報導綜合有關 Cu/Sn, Cu/In, Ni/Sn, Ni/In, Au/Sn, Au/In, Au-InSn, Ni/Bi 系統之研究成果。

關鍵詞：固液擴散接合、鎘錫反應、薄膜反應

#### Abstract

Solid-liquid interdiffusion bonding (SLID) is an advanced technique for the microjoints of electronic packaging. This technique used a low melting metallic thin-film interlayer, which melts at low temperatures and rapidly reacts with the metallized layer of electron package to form high melting intermetallic compounds, thus achieving the special features of bonding at low temperatures and use at high temperatures. The efforts of this subprogram focus on the interfacial reaction mechanisms and kinetics during the SLID process. The report involves the results in Cu/Sn, Cu/In, Ni/Sn, Ni/In, Au/Sn, Au/In, Au-InSn and Ni/Bi systems.

Keyword: Solid-liquid interdiffusion bonding,

soldering reactions, thin-film reactions.

#### 二、計畫緣由與目的

隨著電子產品輕薄短小的趨勢潮流，電子構裝不斷朝向高功率、高密度進行，相對的亦引發了電子構裝的耐熱、散熱問題<sup>[2]</sup>。針對耐熱問題，S. Bader and W. Gust 等人提出『等溫凝固微接合技術』，其接合步驟如圖 1 說明：先在矽晶圓上濺鍍 (Sputtering) 一層高溫熔點金屬薄層，然後在其上再濺鍍一層低溫金屬薄層，在經由此方式處理的兩元件加熱接合，並使低熔點金屬和高熔點金屬反應耗盡，則最終僅存在可耐高溫的介金屬化合物<sup>[3]</sup>。因此，此接合方式的特色即是可在較低的溫度接合，而接近完成的作品可應用在較高溫度的工作環境下而不致熔融，所以特別適合應用於高密度電子構裝中的耐熱接合<sup>[4,5]</sup>。

針對等溫凝固微接合技術的關鍵在於界面界金屬化合物種類及厚度的控制，本子計畫的任務即在討論不同薄膜系統經過固液擴散接合所形成的介面反應生成物種類及成長動力學。

#### 三、結果與討論

針對固液擴散接合(薄膜反應) 本計畫以克服一些問題，成功接合 Cu/Sn, Cu/In, Ni/Sn, Ni/In, Au/Sn, Au/In, Au-InSn 等系統。其中 Cu/Sn(圖 2), Cu/In(圖 3)與 Ni/Sn(圖

4)系統均為先在 Si 晶片上濺鍍一層 5 $\mu$ m 的 Cu 或 Ni 薄膜，再繼續濺鍍一層低熔點的 Sn(4 $\mu$ m)或 In(4 $\mu$ m)，為了增加 Si 晶片與 Cu 薄膜的附著力，在 Si/Cu 之間另加鍍 0.02 $\mu$ m 的 Ti 薄膜。對於 Au/Sn(圖 5)系統接合是在 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>表面先見鍍一層 4 $\mu$ m 的 Cu 薄膜，再濺鍍一層 6 $\mu$ m 的 Au 薄膜，最後再濺鍍低熔點薄膜 Sn(4 $\mu$ m)、In(4 $\mu$ m)或 InSn(2 $\mu$ m/2 $\mu$ m)。此外針對陶瓷多晶模組的晶片接合(die attachment)亦嘗試 Si/Ti/Cu 與 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Cu/Au 之固液擴散接合。其接合反應系統包括 Au/Sn(圖 6)、Au/In(圖 7)及 Au/InSn(圖 8)。Ni/In 系統的試片是蒸鍍 1.5  $\mu$ m 的純 In 在 99.7wt%純度的 Ni 板上，試片在高於 In 熔點的溫度進行接合。接合後的界面型態如圖 9 所示。進行 MTS Tytron250 微小負荷試驗的試片是使用在 200 接合 60min 的試片。靜態拉伸的試驗條件固定在 0.01mm/s 的拉伸速率，得到的平均強度是 12.1Mpa。動態疲勞試驗條件是使用 5N 至 -5N 的反覆負荷，頻率是 3Hz，兩組試片的破斷分別發生在 696cycles 及 734cycles，破斷面如圖 10 所示。Ni/Bi 系統：在 Si 晶片預先鍍上一層 0.05 $\mu$ m Al 以增加 Ni 層對 Si 晶片的附著力，然後無電鍍鍍一層 5 $\mu$ m 的 Ni，最後再濺鍍一層厚度為 4 $\mu$ m 的 Bi。此系統接合的結果，在其界面上會發現許多孔洞生成。除了和兩邊的 Ni 層界面上形成 NiBi<sub>3</sub> 的介金屬化合物，由於 Ni 在液態的 Bi 中的溶解速率很大，會在殘存的 Bi 中形成針狀的析出物 NiBi<sub>3</sub>，這種 Bi+NiBi<sub>3</sub> 的組成會使得其結構較為鬆散，因為破裂處均是和 Ni 層形成介金屬化合物層與殘餘 Bi 的界面之處(如圖 11)，而且是殘餘 Bi 被去除掉。由此推測如果界面反應使得 Bi 反應完全，則會大幅的改善其界面的接合界面與機械性質。

#### 四、計畫成果自評

進化實際進行各種系統的固亦擴散接合並分析其界面生成之界金屬化合物及其生長動力學，在部分系統(Ni/Sn,Cu/Sn 等)

已經證實接合效果極佳，部分系統則仍有許多問題，例如殘留孔洞，未來將持續改善。本研究後續重點將利用新購之 Tytron 250 微小負荷動態試驗機進行固液擴散接合之間點機械性質評估。

#### 五、參考文獻

1. R. R. Tummala, E. J. Rymaszewski and A. G. Klopfenstein, Microelectronics Packaging Handbook, Van Nostrand Reinhold, 1989
2. D. M. Jacobson and G. Humpston, Metals. Mater., Dec., 1991, p.773
3. S. Bader, W. Gust and Heiber, Acta Metall. Mater., Vol. 43, No. 1, 1995, p.329
4. D.M. Jacobson and G. Humpston, Soldering & Surface Mount Technology, 10, Feb. 1992, p.27
5. G. Humpston, D. M. Jacobson and S. P. Sandha, Endeavour, 182, 1994, p.55

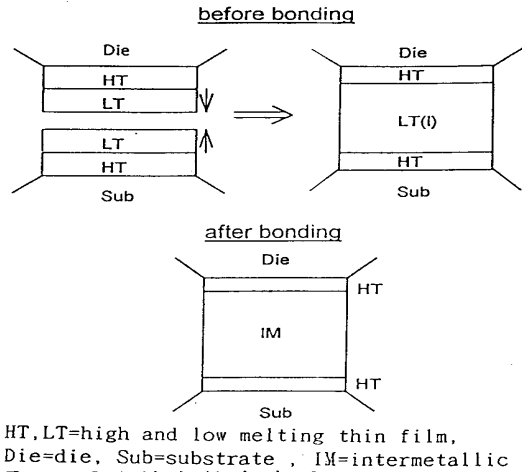


圖 1. 固液擴散接合步驟

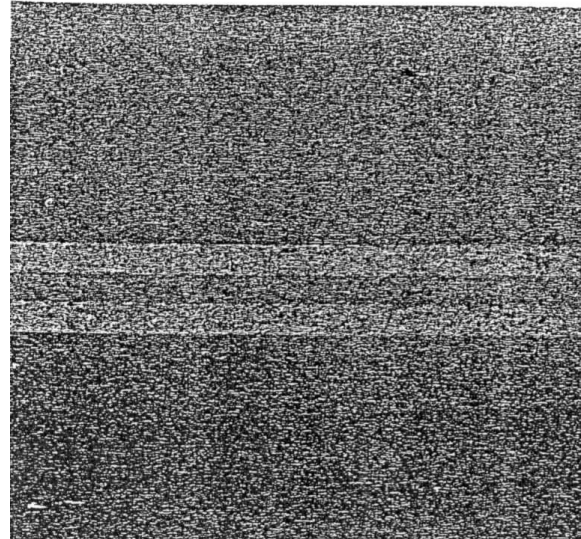


圖 4. Ni/Sn 薄膜系統固液擴散接合 Si/Si 晶片(Si/ Ni/Ni-Sn, I.M./ Ni/ Si)。

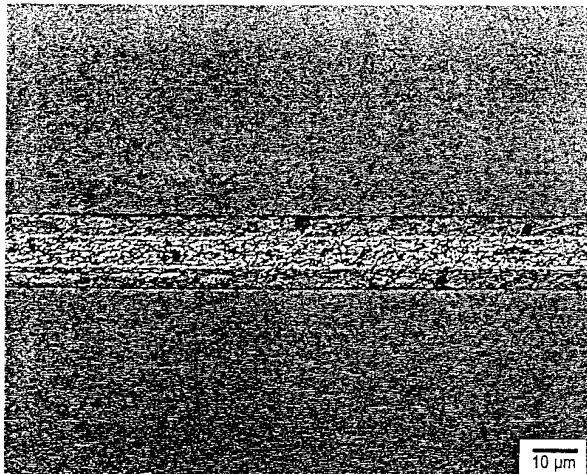


圖 2. Cu/Sn 薄膜系統固液擴散接合 Si/Si 晶片(Si/ Ti/ Cu /Cu-Sn, I.M./ Cu/ Ti/ Si)。

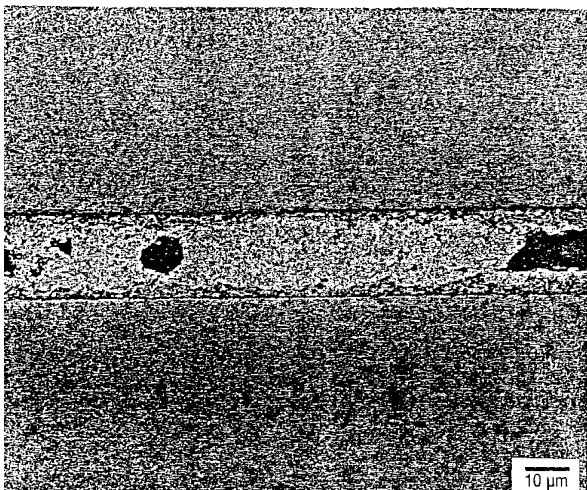


圖 3. Cu/In 薄膜系統固液擴散接合 Si/Si 晶片(Si/ Ti/ Cu /Cu-In, I.M./ Cu/ Ti/ Si)。

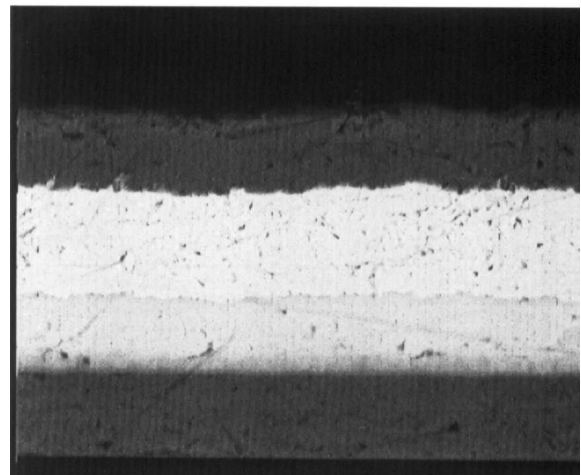


圖 5. Au/Sn 薄膜系統固液擴散接合 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Cu/ Au 與 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ Cu/ Au (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ Cu/ Au-Sn, I.M./Au/Cu/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)。

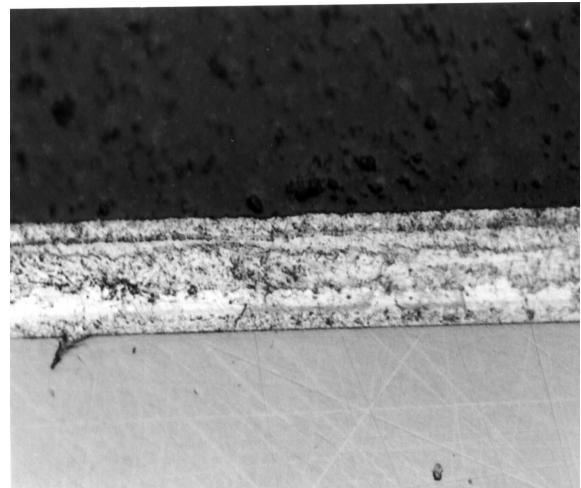


圖 6. Au/Sn 薄膜系統固液擴散接合 Si/ Ti/ Cu 與 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ Cu/ Au (Si/ Ti/ Cu/ Cu-Au-Sn, I.M./Au/Cu/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)。

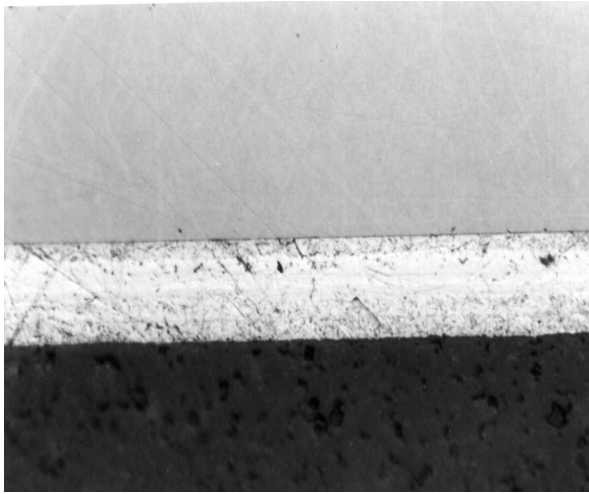


圖 7. Au/In 薄膜系統固液擴散接合 Si/ Ti/ Cu 與 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ Cu/ Au/ (Si/ Ti/ Cu/ Cu-Au-In, I.M./Au/Cu/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)。

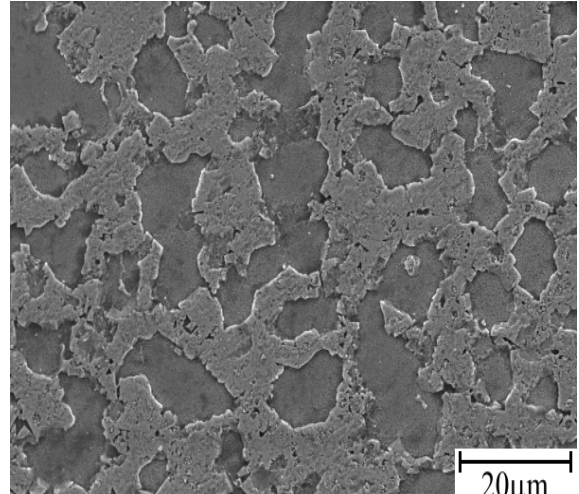


圖 10. Ni/In 薄膜系統固液擴散接合的破斷面。

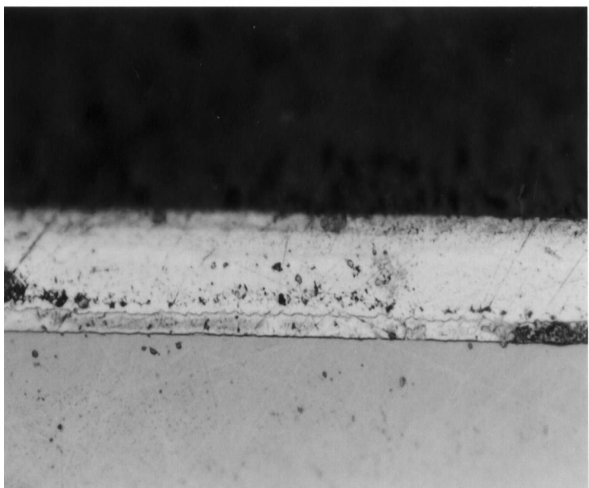


圖 8. Au/InSn 薄膜系統固液擴散接合 Si/ Ti/ Cu 與 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ Cu/ Au/ (Si/ Ti/Cu/Cu-Au-In-Sn, I.M./Au/Cu/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)。

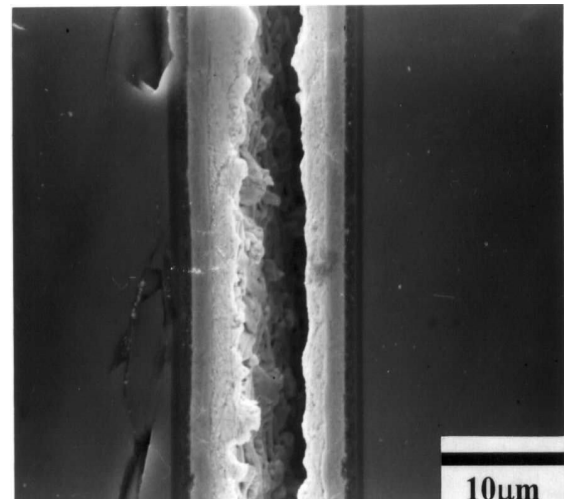


圖 11. Ni/Bi 薄膜系統固液擴散接合界面中的破損情形。

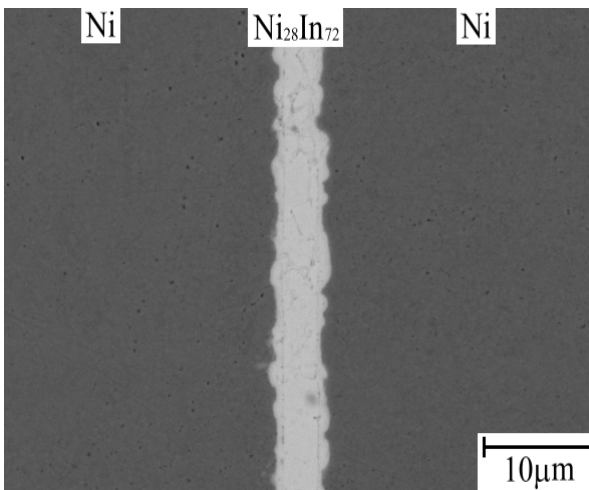


圖 9. Ni/In 薄膜系統固液擴散接合。