

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

總計畫：固液擴散接合法製作電子構裝耐溫微接點研究

General Program: Development of Thermally Stable Microjoints for Electronic Packages by Solid-Liquid Interdiffusion Bonding (SLID)

計畫編號：NSC89-2216-028

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

共同主持人：薛富盛 中興大學材料所教授

葉明勳 中華大學機械所副教授

林景崎 中央大學機械所教授

一、中文摘要：

本研究主要針對高密度電子構裝之接點耐熱性提高要求，有系統的探討一種所謂「固液擴散接合法」之製程條件及其反應機理。研究內容包括界面反應物分析及成長動力學、相對擴散機理、界面微接合、接合機械性質；研究同時參考相平衡圖製作可能形成之介金屬化合物，分析此單質介金屬樣品之機械性質、電磁性質與腐蝕性質。

關鍵詞：界面反應、界面微結構、單質介金屬

Abstract

The research in this project focused on the increasing thermal resistance demand of interconnectors in high density electronic packages. For this purpose, a novel technique "solid-liquid interdiffusion bonding (SLID)" was developed.

The efforts of this group project were focused on interfacial reactions during the SLID process, and analysis of the interfacial microstructure, micro-chemistry and mechanical properties of the joint after SLID. Parallel with the bonding studies, the relevant intermetallic compounds formed during the SLID process have been prepared externally with reference to their phase diagrams. The mechanical, electrical,

magnetic and corrosion properties of these monolithic intermetallic compounds were analyzed.

Keywords: Interfacial Reactions, Interfacial Microstructure, Monolithic Intermetallic Compounds.

二、計畫緣由與目的

在電子構裝製程中，不論晶片與基板的黏著，或是接點的連接，都必須依靠先進的黏著技術⁽¹⁾，又由於電子構裝元件不斷的朝向輕薄短小趨勢發展，均提高了連線的密度，增加了輸出/輸入點及縮小了電子元件的體積，所生產的高能量問題必須解決⁽²⁾。

對於接合所用的材料一般都使用傳統的錒錫，其成分以鉛錒合金為主^(3,4)，再融流溫度約介於 230-260 之間。對於高密度電子元件所排放之大量熱量，現有錒錫之耐熱程度必須提高。而接點溫度升高會產生較大的殘留應力，容易將電子元件內部結構損毀。因此使用固液擴散接合法^(5,6,7,8,9)使接合過程之溫度維持在目前所使用之軟錒溫度之下，而接合完成後之接點卻能使用於至少 400 以上之高溫環境中，所謂固液擴散接合法係利用一種低熔點物質對另一種高熔點物質以相互間的固液態擴散作用，形成高熔點的介金屬化合物來做接合。

三、結果與討論

(一). 鍍錫反應界面動力學分析

完成 Ni/Sn, Ni/In, Ni/InSn, Ag/Sn, Ag/In, Ag/InAg, Au/Sn, Au/In, Au/InSn, Ag/InSn, Ni/Bi, Ni/BiSn, Cu/Sn, Cu/InSn 等系統之研究。已發表論文 4 篇⁽¹⁻⁶⁾。

(二). 固液擴散接合界面動力學分析

完成 Ni/Sn, Ni/In, Cu/Sn, Cu/In, Au/Sn, Au/In, Au/InSn 等系統之固液擴散接合, 並分析界面介金屬化合物成分及成長動力學。相關成果於子計畫一報告內詳細說明。

(三). 單質介金屬化合物製備

總計已經利用真空熔煉方法配置 25 種單質介金屬化合物: Ni₃In, NiIn, Ni₂In₃, Ni₃In₇, Ni₆₂In₃₈, Ni₃Sn, Ni₃Sn₂, Ni₃Sn₄, NiBi, NiBi₃, Cu₉In₄, Cu₁₆In₉, Cu_{58.5}In_{41.5}, Cu₃Sn, Cu₆Sn₅, Ni₃₂In₂₀Sn₄₇, Ti₃In, Ti₃In₄, Ti₃Bi, Ti₂Bi, Ti₃Sn, Ti₂Sn, Ti₅Sn₃, Ti₆Sn₅ 此 25 種單質介金屬化合物亦完成真空均質化處理長達 3 個月以上。同時進行其電化學腐蝕試驗及電阻、磁性量測。圖 1 所示為在 Ag-In 系統所成單晶介金屬化合物在 3.5% NaCl 水溶液所量測電化學腐蝕試驗, 結果顯示 Ag₂In 較 AgIn₂ 具有較高之陰極電位, 且腐蝕電流密度也輕微提高。其中 Ag₂In 在動態腐蝕試驗中顯示為溶解方式, 和 AgIn₂ 的鈍態方式極不相同。圖 2 為 Ag-In 系統中, 各介金屬相的低溫電阻分析量測, 在超低溫電阻量測分析中發現 AgIn₂ 較 Ag₂In 具有較低的電阻。然而在超低溫磁性量測分析中 Ag₂In 較 AgIn₂ 具有較低的磁阻(圖 3)。

(四). 固液擴散接合界面微結構分析

以固液擴散接合方法製作 Au/Sn 及 Ag/In 微接點其界面極限剪應力隨著鍍層厚度的減少而增加, 接合點斷裂的模式也由 Cohesive failure mode 轉變為 Adhesive failure mode。利用 X-光繞射及穿透式電鏡分析結果顯示各種介金屬相

之存在, 而其比例亦隨著微接點整體成份而定, 而且亦有介穩定相之存在。以鍍薄層作為接合層可以克服介金屬相脆性之性質, 增加微接點之強度及可靠性, 更進一步實驗仍在持續進行中。已發表論文一篇⁽⁷⁾。

(五). 固液擴散接合之應用研究—微型熱通道冷卻系統⁽⁸⁾

針對高密度微處理器(CPU)之高效率散熱, 已與台灣大學陳炳輝教授合作進行微型熱通道冷卻系統(圖 4)的製作研發, 主要係先利用 LIGA 技術製作 Ni 或 Cu 的微型通道, 在進行微型通道與金屬封蓋(Ni 或 Cu)、矽晶及玻璃之接合, 分別嘗試固態擴散方法及固液擴散接合方法。固態擴散接合方面, 將試片放入 1300 下持溫 10 小時(5×10^{-5} torr, 1733Pa), 結果如圖 5; 固液擴散接合方面, 分別在鍍金屬板上蒸鍍厚度為 1 μ m 的 In 和 Sn, 然後別對微型熱通道進行接合, 圖 6 和圖 7 分別為鍍 Sn 和鍍 In 的鍍板和微型熱通道接合的結果。

四、計畫成果自評

本群體計畫包括 4 個子計畫, 各子計畫均全力以赴, 並以獲得具體成果。此外, 本計畫亦獲核定為中德 ppp 合作計畫(8801-ppp-17), 本年度派 3 位博士生赴德 3 個月參與德方相關研究, 另外德方將指派一位博士生來台, 進行雙方交流討論。未來之研究將把重點鎖定在此技術的應用推廣, 目前有可能針對半導體濺鍍靶材的接合問題, 擬利用固液擴散接合技術以提供一個解決之道。

五、參考文獻

1. Y. M.. Liu and T. H. Chuang, J. Electronic Mat., Vol 29, No. 4, (2000), 405 ~410
2. Y. M.. Liu, Y. L. Chen and T. H. Chuang, J. Electronic Mat., Vol 29, No. 8, (2000), 1047 ~1051
3. Y. H. Tseng, M. S. Yeh and T. H. Chuang, J. Electronic Mat., Vol 28, No. 2, (1999),

105 ~109.

4. Y. M. Liu and T. H. Chuang , "Intefacial Reactions between In10Ag Solder and Ag Substrates" J. Electronic Mat. , (2000), in press.
5. Y. T. Huang and T. H. Chuang, "Interfacial Reactions between Liquid In49Sn Solders and Ag Substrates", submitted to Z. Metallkd.
6. Y. T. Huang , L. C. Tsao and T. H. Chuang "Ag₂In/AgIn₂ Transitions in a Ag/In49Sn Solder Joint during Thermal Aging", to be polished.
7. F. S. Shieu, C.F. Cheng, J. G. Sheen and Z. C. Chang, thin Solid Films,346(12), (1999) 124-128.
8. 曾乙修、莊東漢、陳炳輝：微型熱交換器的擴散軟銲接合，中華民國銲接學會八十九年年會論文集(2000)，A26-A35。

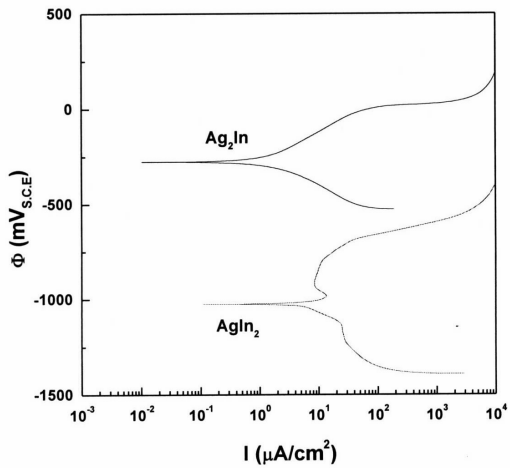


圖 1. Ag-In 系統單質介金屬化合物在 3.5% NaCl 水溶液之電化學腐蝕試驗。

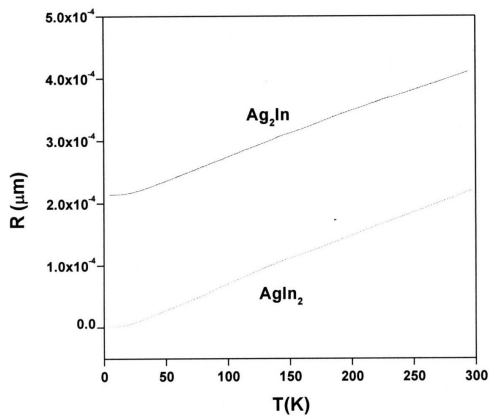


圖 2. Ag-In 系統單質介金屬化合物之超低温電阻試驗。

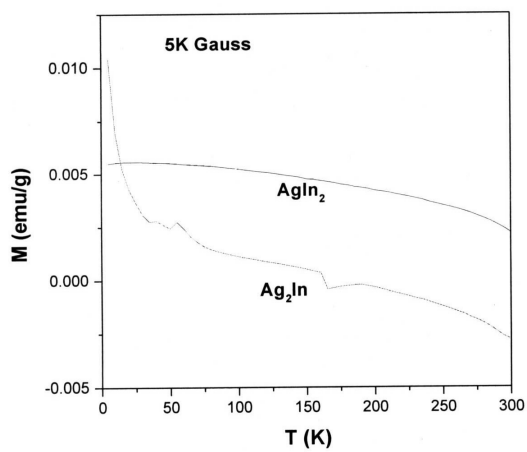


圖 3. Ag-In 系統單質介金屬化合物之低磁性試驗。

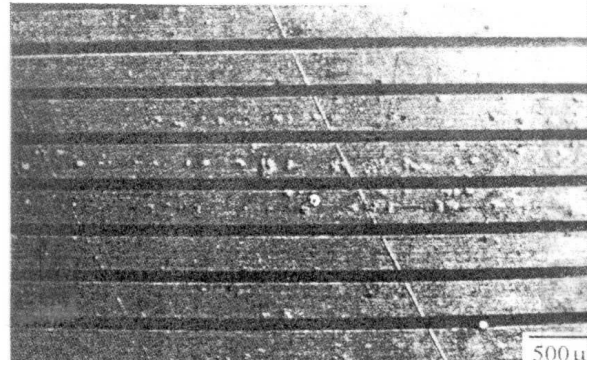


圖 4. 鎳微型通道巨觀表面型態。

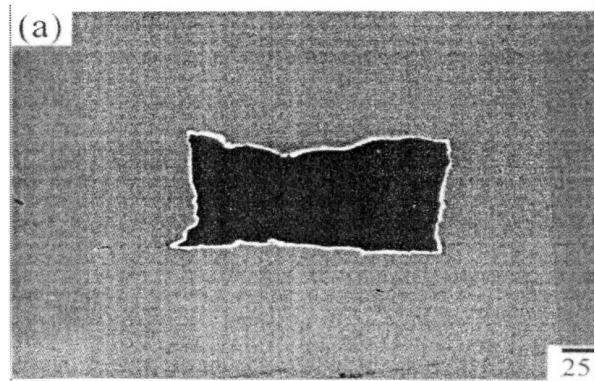


圖 5. 鎳微型熱交換器擴散接合界面

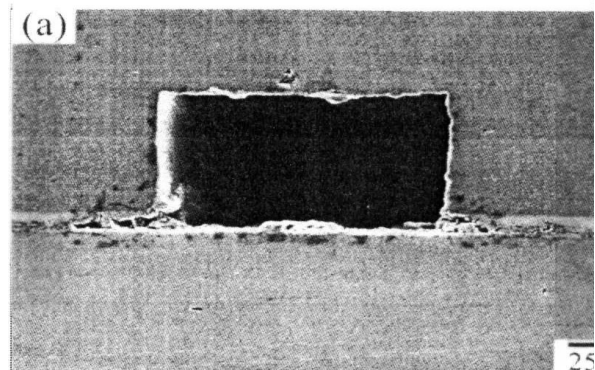


圖 6. 微型熱接合器與鍍鎳基板在 350 120min 之接合界面。

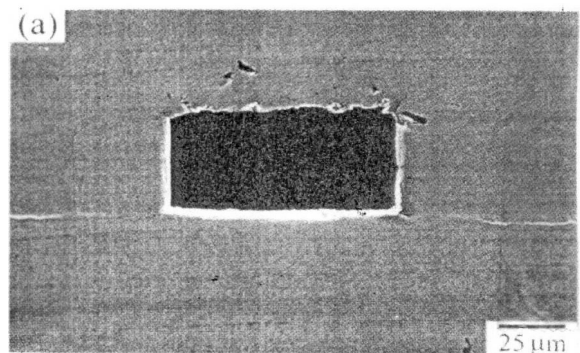


圖 7. 微型熱接合器與鍍錫基板在 250 120min 之接合界面。

