

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫二：以熱時效提升銲點之抗電遷移能力

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2216-E-009-030-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學材料科學與工程學系(所)

計畫主持人：陳智

計畫參與人員：邱聖翔、張哲誠、黃章斌

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 9 月 15 日

以熱時效提升銲點之抗電遷移能力

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC93 - 2216 - E - 009 - 030 -

執行期間： 93年 8月 1日至 94年 7月 31日

計畫主持人：陳 智

共同主持人：

計畫參與人員： 邱聖翔、張哲誠、黃章斌

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開

查詢

執行單位：國立交通大學材料系

中 華 民 國 94年 8月 31日

覆晶錫點性質變化與電流流動間交互之影響-子計畫二：

以熱時效提升錫點之抗電遷移能力

一、 前言

隨著電子產品越做越小，覆晶封裝中每一個錫球需要承受的電流密度就越來越大，錫球容易產生電遷移效應而造成損壞，研究錫球抗電遷移的機制變的是非常重要且迫切的課題。本實驗就是希望以熱時效的方式提高錫點的抗電遷移效應。

二、 研究目的

在覆晶錫中，UBM(under bump metallization)會和錫球中的錫產生 IMC(Intermetallic compound)產生 Cu_6Sn_5 或是 Ni_3Sn_4 ，由於 IMC 是屬於高電阻的物質，我們推測 IMC 對降低電遷移效應有很大的益處。把封裝好的試片在適當的溫度熱時效使 UBM 和 Sn 產生較厚的 IMC，並在加熱板上給予適當的測試電流，觀察試片是否可以藉由熱時效來抗電遷移。

三、 研究方法

使用構裝好的共晶錫鉛 Sn63Pb37 試片，在 150°C 下做 0 小時到 1000 小時不同時間的熱時效，熱時效過後的試片放在加熱板上以 150°C 的溫度做加速電遷移測試，請參考圖一，薄膜試片通 0.28A 而厚模式片通 0.75A 與 0.8A，藉由電腦得到的通電過程電阻變化與整個線路的壞掉時間，還有掃描式電子顯微鏡的觀察來驗證我們的論點，而試片有分薄膜與厚膜的試片，是意圖請見圖二、圖五。

四、 結果與討論

通電測試後，可以發現在薄膜當中，錫球的損壞時間會因熱時效時間的增加而降低，而在厚膜當中，錫球的損壞時間會因時效時間的增加而增加，不過也是要利用適合的電流密度才可以有我們預期的電遷移破壞機制，若是用較大的電流密度則可能會造成錫球在液態下通電，而不是我們希望預見的電遷移效應的破壞機制，且破壞時間通常都比較短，無法明顯的顯示出較大的差異性，因此選擇適當的電流密度變成是本實驗重要的一個課題，經由多次的選擇，我們選定 0.75A 作為我

們測試的電流。就如同預期的效果，幾乎所有壞掉的錒錫球都是在電子流從晶片端到板子端的那顆球壞掉，而且都是在那球的電子流剛流進來的地方，也就是晶片端跟錒錫球相交界的那一邊，因為那是產生電流集中最嚴重的區域，請見圖四與圖七。

1. 薄膜與熱時效的影響

熱時效 0 小時，我們獲得的數據有 192 小時 55 小時，而隨著時效時間的增加有著不規律的變化，不過熱時效 100 小時與 200 小時分別是 157 小時與 148 小時壞掉，因此跟熱時效 0 小時的壞掉時間 192 小時比起來，是沒有比較好的抗電遷移效應，到了熱時效 300 小時的時候，壞掉時間分別為 12 小時與 33 小時，而到了熱時效 500 小時的時候，只通了 3 小時就壞掉了，詳細的數據見表二，可見錒錫球在熱時效中產生了很大的變化，我們推測是 UBM 大部分產生 IMC 而消耗掉，界面產生嚴重的 spalling 所造成的結構不穩定，因此在此電流密度的沖刷下馬上產生電流集中效應產生孔洞而壞掉，圖四顯示熱時效 500 小時在 0.28A 下通電 3 小時就壞掉的錒錫球試片圖形，產生很大的孔洞造成試片壞掉，就是很好的驗證。

2. 厚膜通 0.8A 的數據

熱時效 0 小時的有做出兩個數據一個是 12 小時，一個是 49 小時，熱時效 500 小時的則是有做出 67 小時和 15 小時，仍可以看出來熱時效對錒錫球中產生 IMC 或是結構上的變化是對抗電遷移有利的，雖然壞掉時間過於短，其中的破壞機制可能不是我們所預期的電遷移效應，見圖七 OM 圖，晶片端 UBM 和錒錫球產生極嚴重的損毀，可能是錒錫球應為高溫而溶解，不過仍可以支持我們的論點，也就是熱時效在厚膜中可以增加壞掉時間，損壞時間請見表二。

3. 厚膜通 0.75A 的數據

目前我們做出的實驗數據是沒有熱時效的試片在 385 小時壞掉，不過熱時效 1000 小時的則通電超過 700 小時還沒壞，可見熱時效是確實對錒錫球抗電遷移有很大的幫助，不過由於我們最近才找到這個比較適合的通電條件，也就是用 0.75A 下去做測試，所以目前還沒有較完整的數據呈現。

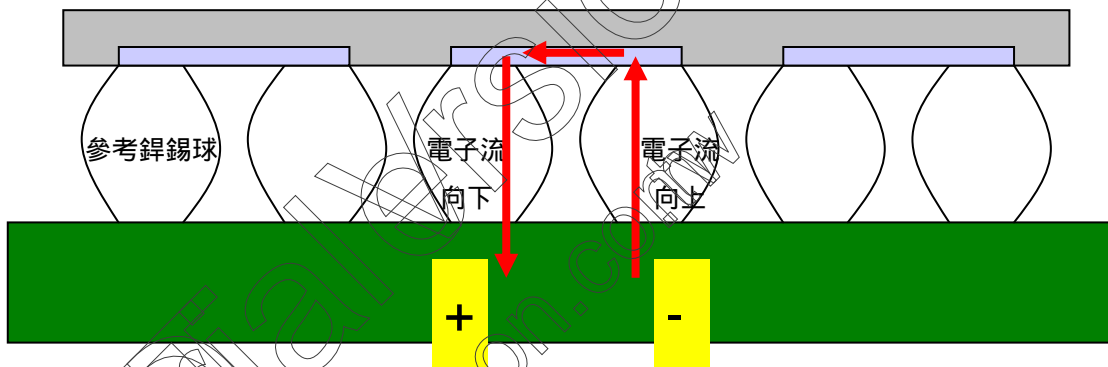
4. 厚膜 UBM 試片厚度對時效時間關係

從表三表四可以看到，隨著時效時間的增加，IMC 厚度也是有增加的現象，表三顯示晶片端從 0 小時的 $1.3\ \mu\text{m}$ 到 1000 小時的 $3.1\ \mu\text{m}$ ，表四顯示板子端也從 0 小時的 $1.1\ \mu\text{m}$ 到 1000 小時的 $2.1\ \mu\text{m}$ ，這是因為我們給予 150°C 的環境下，Sn 和厚的 UBM 中的 Ni 產生 Ni_3Sn_4 的 IMC。

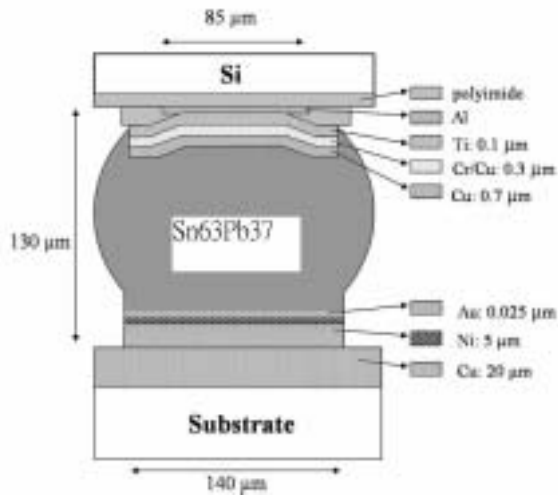
伍、結論

對於薄膜 UBM 覆晶錫錫接點，熱時效並不能提升電遷移的 lifetime。因為接點界面的 spalling 造成的劣化，反而使電遷移的破壞提早發生。然而對於厚膜 UBM 覆晶錫錫接點，熱時效確能提升電遷移的 lifetime。原因應該是熱時效使接點界面 Ni_3Sn_4 IMC 增厚，而該 IMC 因電阻率較高，能夠減緩錫錫的電流集中效應，使得電遷移壞減緩，此部分的電腦模擬正在進行中。

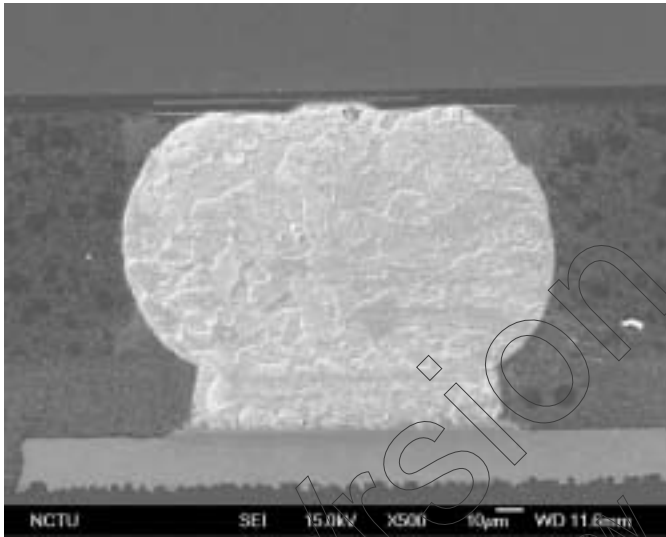
六、附圖與附表



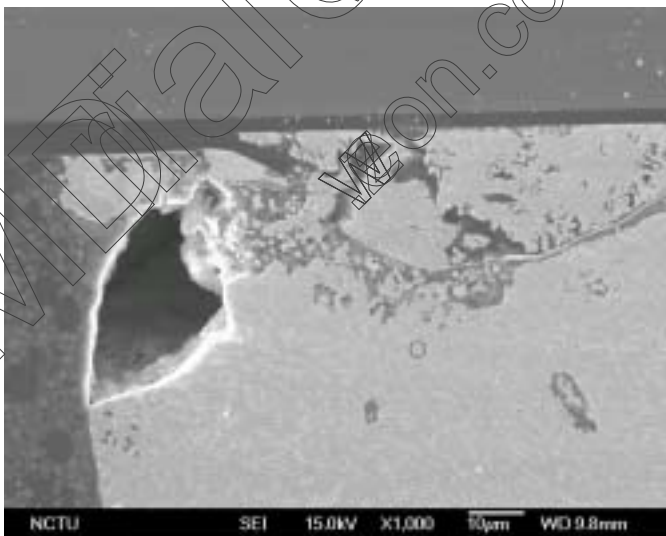
圖一 通電的方式示意圖



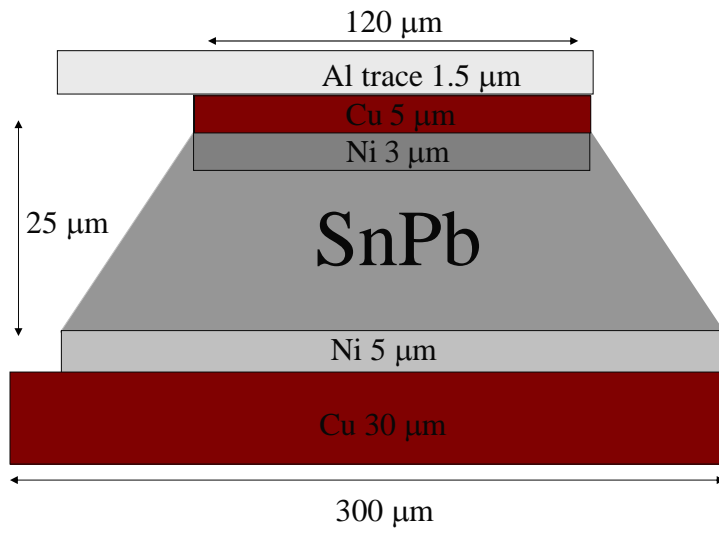
圖二 薄膜 UBM 試片的試片結構示意圖



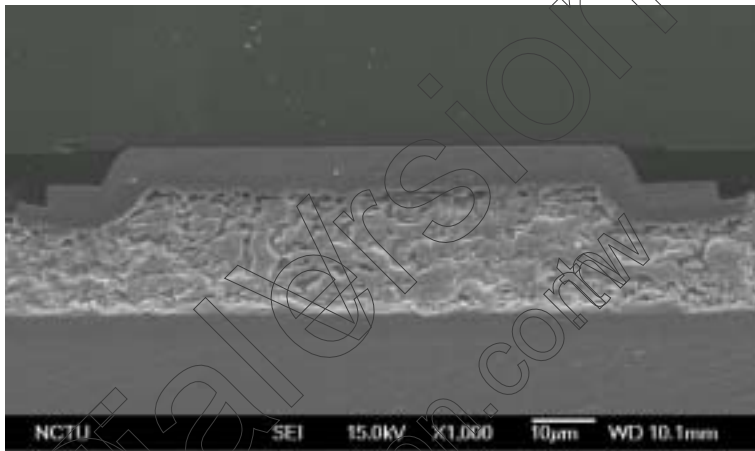
圖三 SEM 照片顯示製造完成試片之橫切面



圖四 Aging500 小時後，以 0.28A 通電 3hr 壞掉，電子流向下



圖五 厚膜 UBM 試片結構示意圖



圖六 厚膜 UBM 試片 SEM 圖



圖七 厚膜 UBM 試片 Aging500hr 0.8A 67 小時損壞試片 OM 圖

| aging time | fail time |
|------------|------------|
| 0hr | 192hr 55hr |
| 25hr | 31hr |
| 100hr | 157hr |
| 150hr | 15hr |
| 200hr | 148hr |
| 300hr | 12hr |
| 500hr | 3hr |

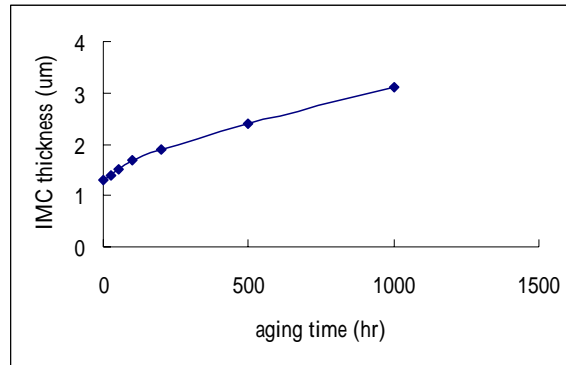
表一 薄膜 UBM 試片通 0.28A 在加熱板 150°C 下的時效時間與損壞時間

| Aging time at 150°C | Fail time for 0.8A at 150°C |
|---------------------|-----------------------------|
| 0hr | 50hr 12hr |
| 200hr | 12hr |
| 500hr | 67hr 15hr |
| 1000hr | 23hr 38hr |

表二 厚膜 UBM 試片熱時效時間對損壞時間在 0.8A 150°C

Chip-side

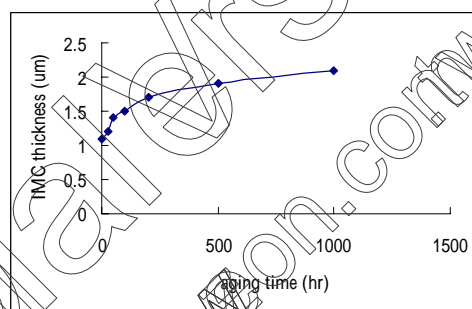
| | | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Aging | 0 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
| IMC thickness | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.4 | 3.1 |



表三 晶片端 IMC 厚度對時效時間關係

Board-side

| | | | | | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Aging | 0 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
| IMC thickness | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 |



表四 板子端 IMC 厚度對時效時間關係

參加 2005 TMS Annual Conference 國際學術會議心得報告

本次我們有發表兩篇口頭報告

分別是

Effect of Additives on Electroplating of SnAg Solder 以及

Threshold Current Density of Electromigration in Pure Tin Films

TMS 會議之性質及其學術地位、重要性：

The Minerals, Metals & Materials Society (TMS)在材料界歷史悠久，至今即將辦 134 屆的年會。目前有將進一萬名專業會員及學生會員，

可見其在材料界的重要性。此協會所屬的期刊 Journal of Electronic Materials, 也是在材料界的重要期刊之一，因此，其學術地位相當高。

此 TMS 年會會議也是目前在覆晶鉛錫方面目前最大且最重要的研討會。

Materials Science & Technology 2004 Conference (MS&T '04) ,是之前的 The TMS Fall Meeting。因此其覆晶鉛錫方面的論文也是很豐富。

這次很特別是 Intel 的 Fay Hua 負責舉辦的 2005 TMS Pb-free

Technology Workshop 。此 workshop 在 TMS 前一天舉行，邀請的演講如下，

Invited Presentations

- **"Package Technology Trends and Lead Free Challenges"** Presenting by Dr. C. Mike Garner, Director of Materials Technology Operation, Intel Corp., Santa Clara, CA 95054
- **"Risks to health and environment related to use of Lead in products in the EU"** Presenting by Dr. Arnold Tukker, TNO Strategy, Technology and Policy, the Netherlands
- **"Mechanical Properties of Pb-Free Solders Overview"** Presenting by Professor John W. Morris, Materials Science and Engineering Department, University of California, Berkeley, CA
- **"Electromigration in Flip Chip Solder Joints"** Presenting by Professor King N. Tu, Materials Science and Engineering Department, University of California, Los Angeles, CA
- **"A Future for Lead-Free Flip-Chip Technology? Potentials and Pitfalls"** Presenting by Dr. Roger A. Quon, IBM electronics, Hopewell Junction, NY

- **"Manufacturing and Reliability of SnAgCu - Issues of "Backward" and "Forward" Compatibility"** Presenting by Dr. Carol Handwerker, NIST, Gaithersburg MD 20899
- **"Near-Ternary SnAgCu Solder Joints; Microstructure, Thermal Fatigue and Failure Mechanisms"**Presenting by Dr. Sung K. Kang, IBM, T.J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY
- **"Sn-Zn based low temperature lead-free solder and current status of lead-free in Japan"** Presenting by Professor Katsuaki Suga, Japan Osaka University, Institute of Scientific & Industrial Research, Mihogaoka 8-1, Ibaraki, Osaka 567-0047 Japan
- **"Reaction between Electroless Ni(P) and Sn3.5Ag and Its Effect on Mechanical Reliability"** Presenting Dr. Jin Yu, Dept. of Materials Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea
- **"Nano Interconnects and Bonding with Nanotube Conductors"** Presenting by Professor Sungho Jin, University of California, San Diego, CA
- **"Trends and Technical Requirements in Electronic Packaging"** Presenting by Dr. Darrel Frear, Freescale Semiconductor, Tempe, AZ

都是在該領域的重要人士，因此在一天之內就能了解全球在 Pb-free 目前的發展。以下是所獲的的重要資訊

- Ag concentration in Pb-free solder maybe need to decrease down to 1.5 to 2.5
- Sn whisker growth mechanism is needed in desperate
- EPSP results: grain distribution are random
- During EM, Alternating electrical field to cancel out EM damage
- Thermal migration: when solder bumps are stressed at very high current (1-2A) and at room temp. The measured temp differences are as high as 20-30 degrees, which is about 2000 C/cm.
- In SnPb EM, Partial melting of Sn-rich is observed.
- Send Albert samples: Pure Sn and solder sample
- Check Matt Sn
- Critical product of solder, different length of solder stripes
- Reverse the current when stressing a period of time to prolong the MTTF
- Effect of Sn texture on mechanical or electrical of solder.
- Effect of solder volume on interfacial reactions.
- Cross-polarized OM