利用FRITSCH行星式球磨機製備新型銀銦合金以作為高功率半導體封裝膠材料

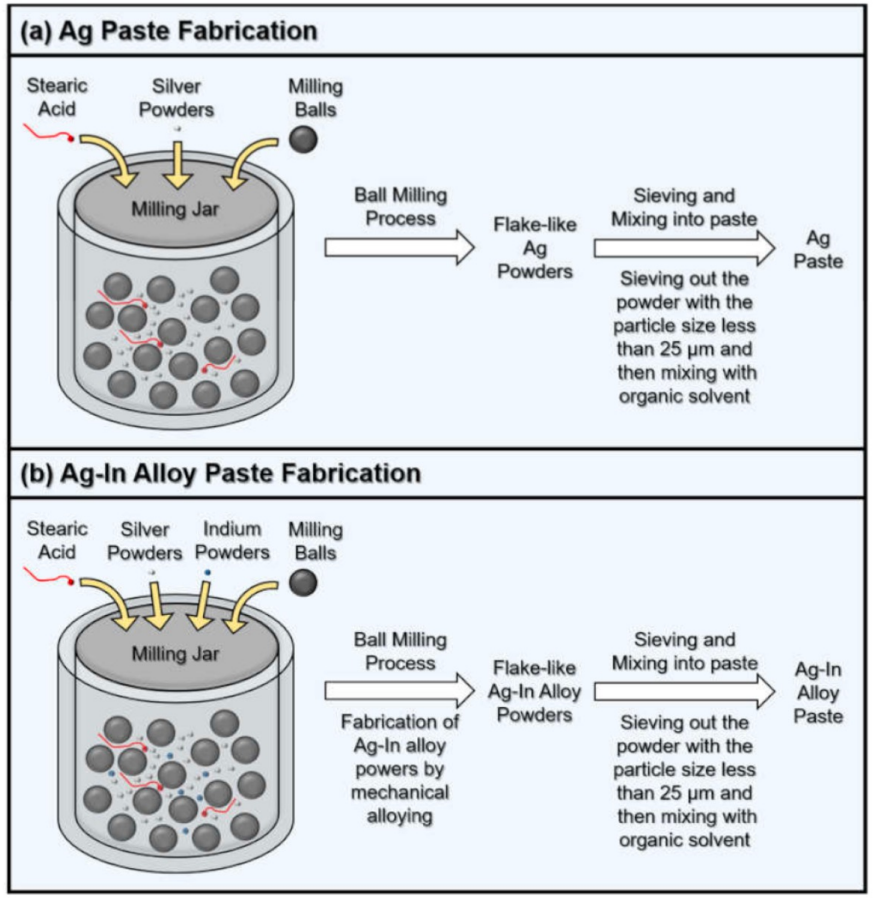
- 作者：**Chin-Hao Tsai [1], Wei-Chen Huang [1] and Chengheng Robert Kao[1,2],***
- 單位：
  1. Department of Materials Science and Engineering, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan;
  2. Advanced Research Center for Green Materials Science & Technology, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan

- 期刊：*Materials* **2022**,*15*,1397

摘要

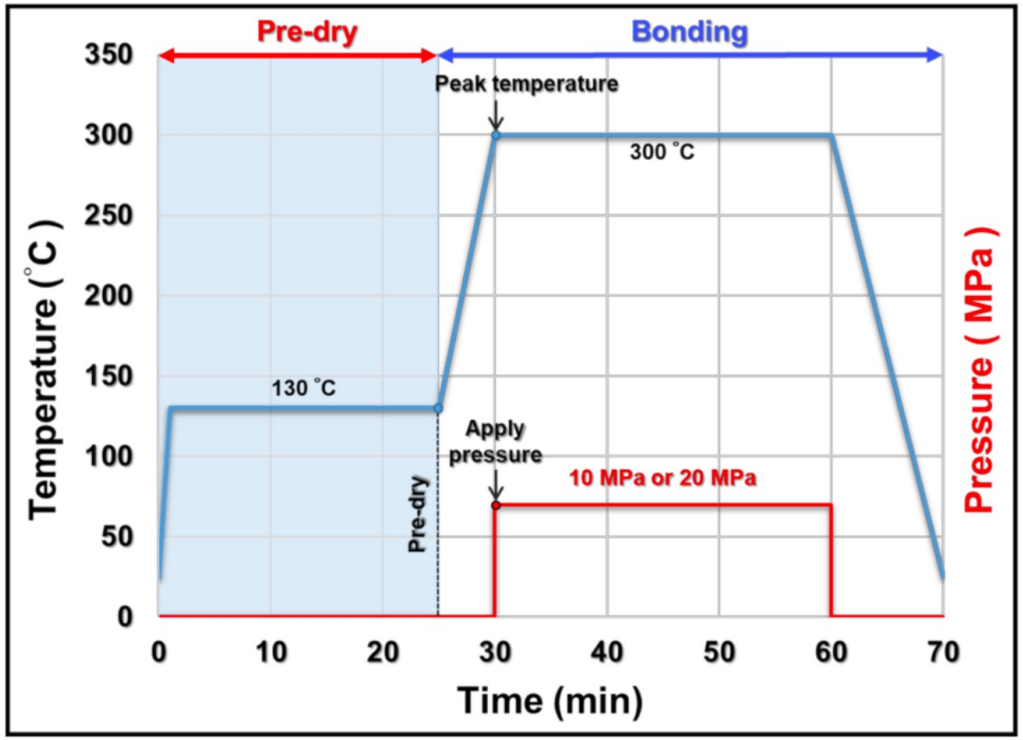
- 燒結銀膠在半導體中是廣泛使用之晶粒黏著材料，但在高溫的嚴苛環境下仍有著嚴重的孔洞以及氧化問題，最終導致接點劣化．
- 此期刊中，利用行星式球磨機所提供的機械合金技術，製備出新型的銀銦合金(Ag-In alloy)膠．
- 利用此合金膠所製成的元件，在高操作溫度下，展現出大幅提升的機械性質，並有效改善燒結銀膠的缺點．

銀銦合金的製備方法

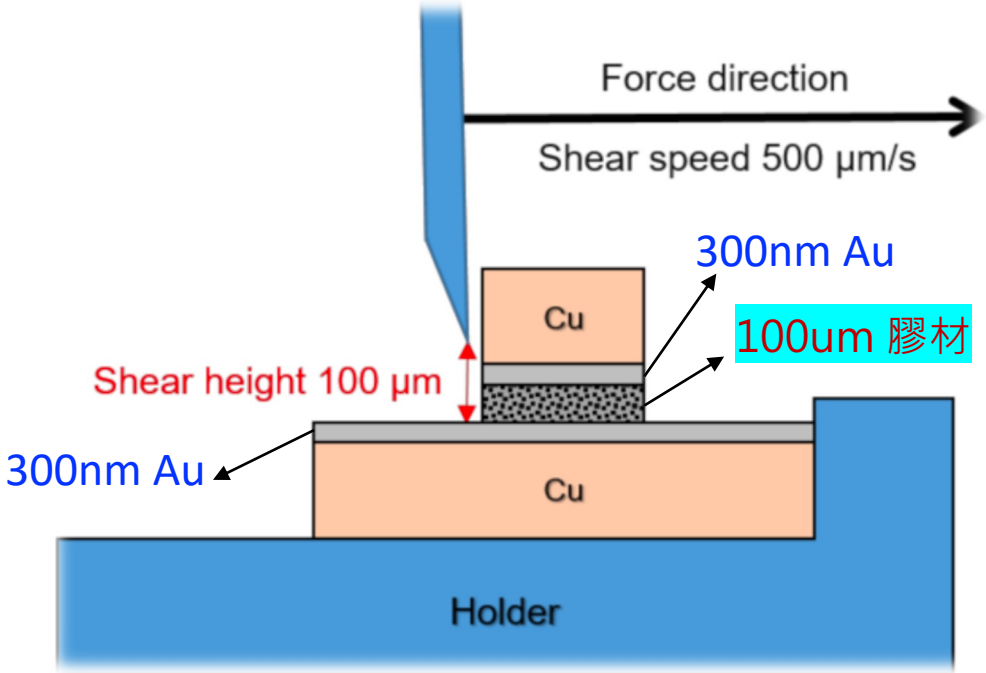


- 以Fritsch P7 Premium搭配通氣上蓋
- 其中一罐加入10g銀粉 + 75g氧化鋯球+0.2g硬脂酸
- 其中一罐加入8g銀粉 + 2g銦粉 + 75g氧化鋯球+0.2g硬脂酸
- 轉速600轉，運轉時間10小時
- 罐內樣品以500目篩網過篩後，再製備成黏著膠

元件的製備與剪力測試

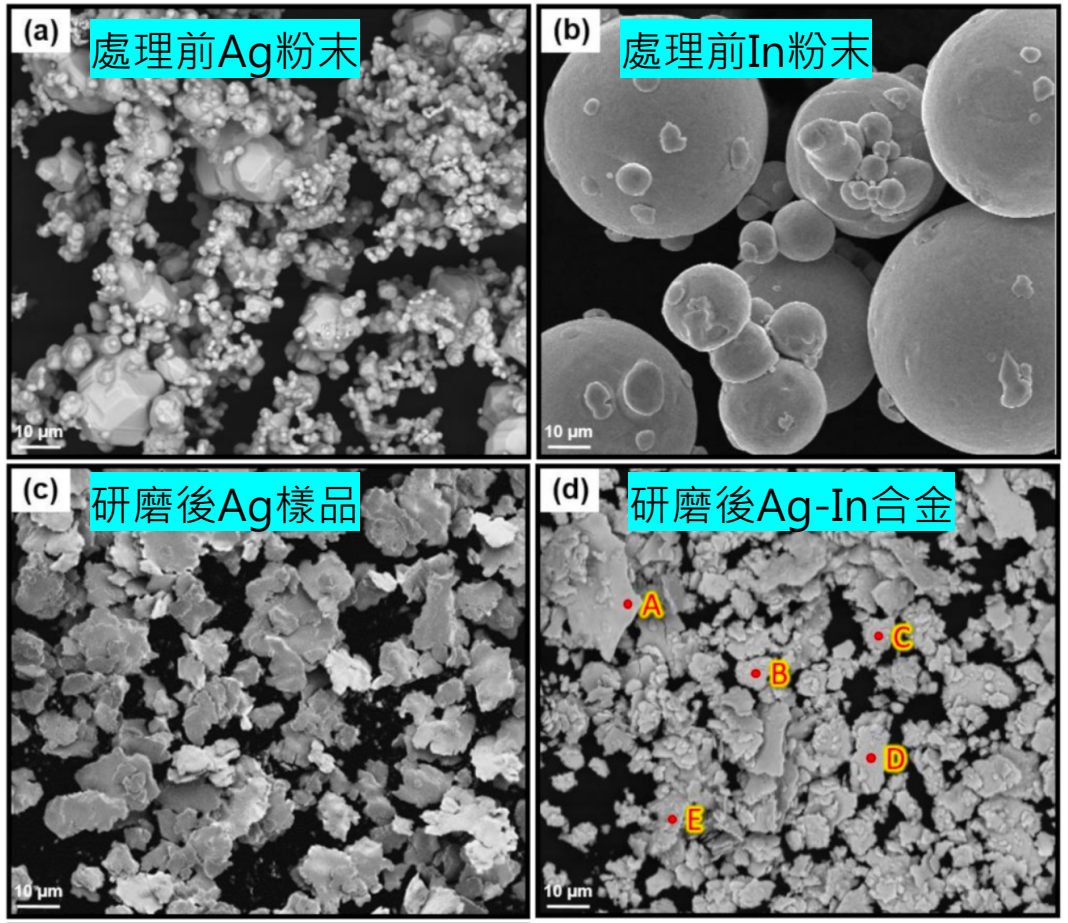


Bonding過程之溫度與壓力設定：
300°C與10MPa or 20MPa，持續30分鐘

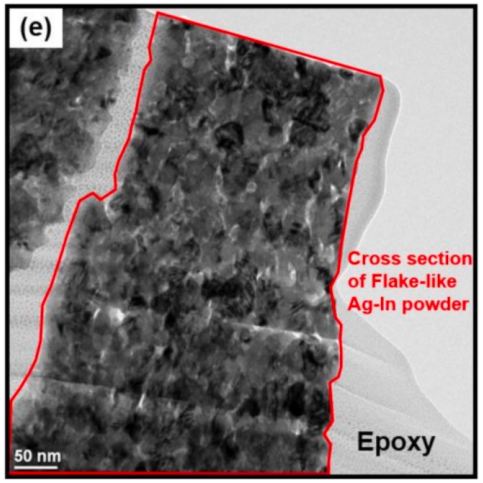


測試元件之結構以及剪力測試方式

SEM/TEM的結果



研磨後Ag-In合金TEM

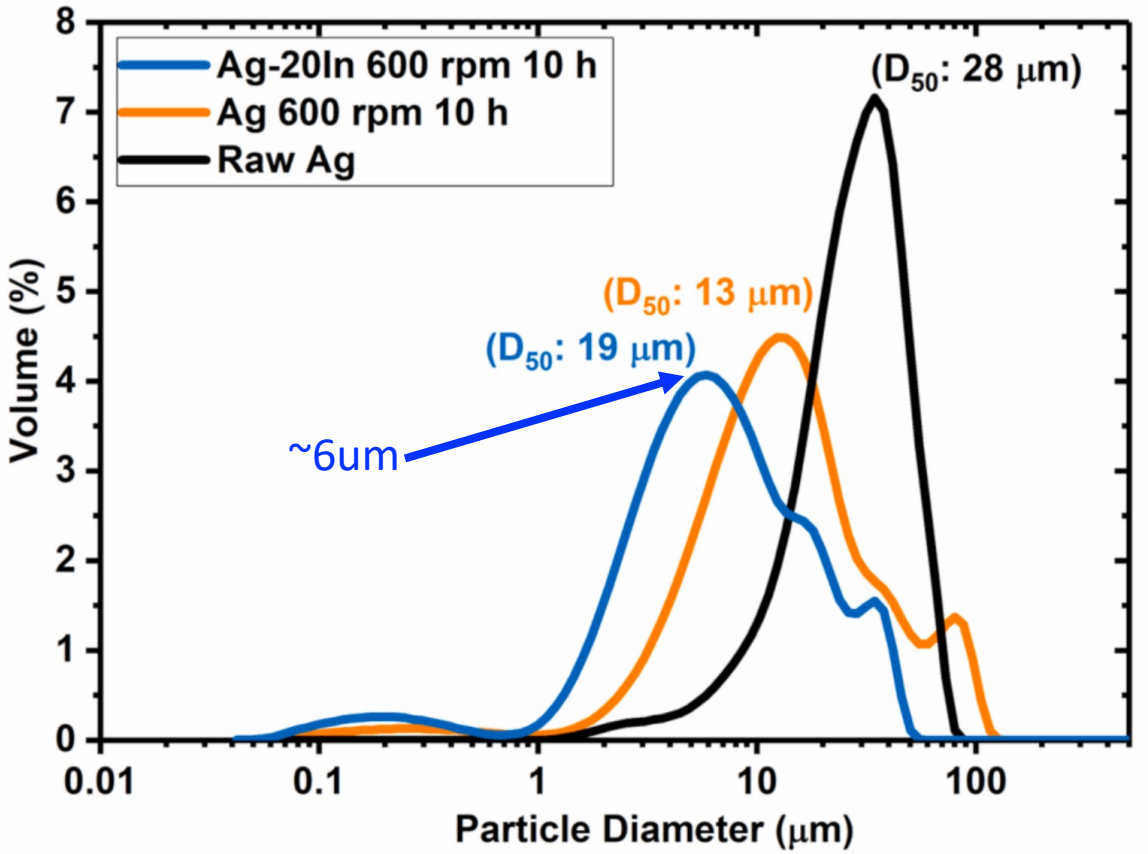


由左圖SEM與右圖TEM的結果，可得知研磨後之合金具有奈米晶格(nanocrystalline)的結構，此結構應是來自於行星式球磨機持續提供高能量給Ag與In粉末，造成大量的晶粒邊界(grain boundary)累積而成．

Position	Ag (at.%)	In (at.%)	Phase
A	81.1 ± 0.26	18.9 ± 0.26	(Ag)–In
B	81.2 ± 0.26	18.8 ± 0.26	(Ag)–In
C	81.9 ± 0.26	18.1 ± 0.26	(Ag)–In
D	81.8 ± 0.26	18.2 ± 0.26	(Ag)–In
E	81.7 ± 0.26	18.3 ± 0.26	(Ag)–In

SEM-EDS測5點之結果，可得知Ag-In之組成比例

粒徑分佈的結果

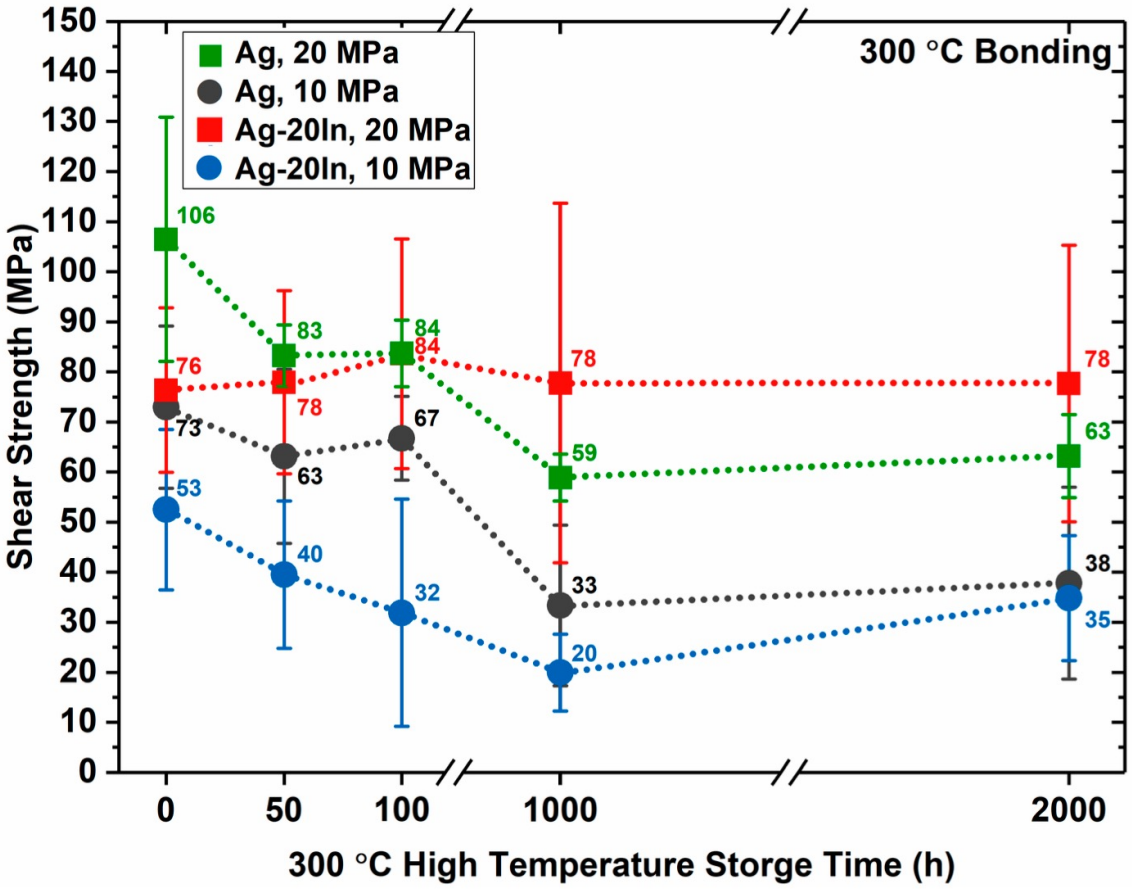


經過研磨之後的Ag-In與Ag粒徑，都較研磨前明顯地細化許多．若以主要的粒徑成分來看，則分別從28um細化至13um以及約6um，

由於Ag粉/In粉本身具有延展性，故在研磨過程會產生冷焊效應，造成粒徑上可看到明顯的聚集，此部份可經由添加適當的硬脂酸有效的抑制．

此研磨後樣品會進行25um的過篩後，在與適合的有機溶劑混合，製備成封裝膠材料．

Shearing force的測試結果



- 純銀膠：bonding壓力20MPa的結果優於10MPa，然而隨著高溫儲存試驗(HTS)時間的增加，剪力也快速下降，推測是膠體本身孔洞與吸溼所造成的劣化現象．

- 10MPa Ag-In膠：起點時的剪力值是四種條件最低的，應是由於較高的多孔性導致．而隨著HTS到達2000小時之後又降得更低，其機制不同於純銀膠，應是形成Cu_2O後所造成的裂縫所致．

- 20MPa Ag-In膠：bonding壓力的增加，使得孔洞減少，故形成Cu_2O的機率也降低，同時In的存在可抑制孔洞擴大，最終展現出了絕佳的機械性質，剪力值直到2000小時仍維持不變．

性質總結

Properties	Sintered Ag Joint (10 MPa)	Sintered Ag Joint (20 MPa)	Ag-In Alloy Joint (10 MPa)	Ag-In Alloy Joint (20 MPa)
Cu Oxidation Issue	No (porosity « percolation limit)		Yes (porosity ≈ percolation limit)	No (porosity < percolation limit)
Interfacial Wettability	Excellent with Ag Metallization			
Pores Coarsening Issue	Yes	Yes	No	No
Mechanical Properties	Unstable	Unstable	Unstable	Stable
High Temperature Reliability	Fair	Fair	Poor	Excellent

- 純銀膠因為孔洞小於銅金屬所需的擴散路徑，雖然沒有產生Cu_2O的問題，但無法避免孔洞隨著HTS時間增加而擴大的現象，因此在機械性質上不穩定，高溫穩定度也不算太好．
- 10MPa之Ag-In膠的性質恰好相反，由於有銅擴散的問題造成氧化，雖然沒有孔洞擴大的問題，但總體的元件性質表現上並沒有明顯較純銀膠有所改善．
- 20MPa之Ag-In膠藉由較高的bonding壓力，同時改善了銅擴散的問題以及In本身可抑制孔洞擴大的現象，在元件特性上有著明顯的提升，結果令人滿意．
- 此篇研究以FRITSCH的高能量行星式球磨機，創造了一種嶄新的機械合金方法，並有極高的潛力可應用在半導體相關材料的研發上．