

科技部補助產學合作研究計畫成果精簡報告

高精確性異方性導電膠應用於晶片與軟性基板接合製程之開發

計畫類別：技術及知識應用型
計畫編號：NSC 102-2622-E-040-001-CC3
執行期間：102年11月01日至103年10月31日
執行單位：中山醫學大學職業安全衛生學系暨碩士班

計畫主持人：莊正利

處理方式：

1. 公開資訊：立即公開
2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否
3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考：否

中華民國 104 年 01 月 05 日

中文摘要：本研究以非導電膜(non-conductive film)結合熱壓覆晶接合製程將植金凸塊之晶片接合於軟性基板銅電極，接合過程中以不同接合溫度、固化溫度與固化時間探討晶片與軟性基板之接合強度。為提升晶片以非導電膜接合於軟性基板之接合品質，軟性基板先經氬氣電漿處理後，再將非導電膜再貼合軟性基板表面，隨後進行晶片與軟性基板之接合。晶片與軟性基板接合後，以電子顯微鏡(SEM)與光學顯微鏡(OM)觀察晶片金凸塊與軟性基板銅電極是否直接接著，形成良好通訊電路，以剪力試驗檢測晶片與軟性基板之接合強度，並觀察剪力試驗後之破斷面，判斷晶片與軟性基板之破裂機制，以座滴法量測氬氣電漿處理後軟性基板表面潤濕性。經氬氣電漿處理後之軟性基板與晶片接合後，熱壓覆晶製程可將金凸塊與軟性基板銅電極之非導電膜移除，使晶片金凸塊與軟性基板銅電極接著良好形成通訊電路，而非經氬氣電漿處理之軟性基板熱壓覆晶製程無法使非導電膜自晶片金凸塊與軟板電極間移除，晶片與軟性基板接合後，非導電膜存在於金凸塊與軟板銅電極間；故無法形成有效之電訊通路。此一實驗結果驗證氬氣電漿活化處理可有效提高金凸塊與軟性基板銅電極之接著性，可形成有效電訊通路之封裝。晶片與軟性基板之接合強度隨固化溫度與固化時間之提升而增高，晶片與軟性基板之接合強度主要來自非導電膜與晶片及軟性基板三者間之黏著力較高固化溫度與固化時間有助於非導電膜之固化強度，故可提高晶片與軟性基板之接合強度。比較氬氣電漿活化處理對晶片與軟性基板接合強度之影響，清楚發現經氬氣電漿處理之試片，其接合強度均高於未經電漿活化處理者，氬氣電漿活化處理後之軟性基板表面之接觸角較未處理者大幅下降，顯示軟性基板表面之潔淨度較佳，具較佳潤濕性，可提高非導電膜與軟性基板及晶片三者間之界面接合強度，此應為晶片與軟性基板接合強度提升之主因。

中文關鍵詞：熱壓覆晶接合、非導電膜、電漿活化

英文摘要：A non-conductive film (NCF) and the thermal compression bonding process were combined to assemble the chips and flex substrates. To achieve the gold bumps of chips bonded on copper electrodes of flex substrates directly and to improve the bonding strength of chips and flex substrates assembly, the argon plasma was used to active the bonding surface of copper electrodes. Flex substrates subjected to argon plasma activation prior to assemble the chips and flex substrates with different activated

parameters. The effects of cured parameters on the bonding strength were also investigated, cured temperature and cure durations. For flex substrates activated with argon plasma, the NCF placed on the surface of flex substrates and then chips were flip-bonded on the flex substrates using thermal compression. After flip-chip bonding, the chips together with flex substrates were heated on the stage for NCF curing at various durations and temperatures. A subsequent die-shear test was carried out to evaluate the bonding strength of chips and flex substrates assembly. Scanning electron microscopy (SEM) was conducted to confirm the morphology and elucidate the bonding interface between the gold bumps and copper electrodes. The contact angle was measured to verify the wettability of flex substrates after they were subjected to argon plasma activation. For flex substrates with argon plasma activation, the NCF was removed away from bonding interface between gold bumps and copper electrodes during thermal compression bonding. Accordingly, gold bumps were directly bonded onto copper electrodes to form successful electrical paths between chips and the flex substrate. A low contact angle can be achieved for flex substrates activating with argon plasma, indicating the contaminants on the surface of flex substrates were removed, and a good wettability on the bonding surface can be obtained. The sound bonding interface with sufficient bonding strength was achieved, since neither delamination nor porosity was found at bonding interface between the NCF and flex substrates for flex substrates activating with argon plasma. The argon plasma activation has a significant improvement on bonding strength of chips and flex substrates assembly using NCF. This process was potentially to be applied to the packaging of the portable electronic products.

英文關鍵詞： non-conductive film, thermal compression bonding, plasma activation

科技部補助產學合作研究計畫成果精簡報告

計畫名稱：高精確性異方性導電膠應用於晶片與軟性基板接合製程之開發

計畫類別： 先導型 開發型 技術及知識應用型

計畫編號：MOST- 2013- E - 040- 001 - CC3

執行期間：2013 年 11 月 1 日至 2014 年 10 月 31 日

執行單位：中山醫學大學

計畫主持人：莊正利

共同主持人：

計畫參與人員：陳俊佑

處理方式：

1. 立即公開

(依規定，精簡報告係可供科技部立即公開之資料，並以 4 至 10 頁為原則，如有圖片或照片請以附加檔案上傳，如因涉及專利、技術移轉案或其他智慧財產權、影響公序良俗或政治社會安定等，而不宜對外公開者，請勿將其列入精簡報告)

2. 本研究是否有嚴重損及公共利益之發現： 否 是

3. 本報告是否建議提供政府單位參考 否 是，請列舉提供之單位；本部不經審議，依勾選逕予轉送。)

中 華 民 國 103 年 12 月 30 日

高精確性異方性導電膠應用於晶片與軟性基板接合製程之開發

主持人:莊正利*

計畫參與人員:陳俊佑

中山醫學大學 職業安全衛生學系

*luke@csmu.edu.tw

科技部計劃編號:2013-2622-E-040-001-CC3

中文摘要

本研究以非導電膜(non-conductive film)結合熱壓覆晶接合製程將植金凸塊之晶片接合於軟性基板銅電極，接合過程中以不同接合溫度、固化溫度與固化時間探討晶片與軟性基板之接合強度。為提升晶片以非導電膜接合於軟性基板之接合品質，軟性基板先經氬氣電漿處理後，再將非導電膜再貼合軟性基板表面，隨後進行晶片與軟性基板之接合。晶片與軟性基板接合後，以電子顯微鏡(SEM)與光學顯微鏡(OM)觀察晶片金凸塊與軟性基板銅電極是否直接接著，形成良好通訊電路，以剪力試驗檢測晶片與軟性基板之接合強度，並觀察剪力試驗後之破斷面，判斷晶片與軟性基板之破裂機制，以座滴法量測氬氣電漿處理後軟性基板表面潤濕性。經氬氣電漿處理後之軟性基板與晶片接合後，熱壓覆晶製程可將金凸塊與軟性基板銅電極之非導電膜移除，使晶片金凸塊與軟性基板銅電極接著良好形成通訊電路，而非經氬氣電漿處理之軟性基板熱壓覆晶製程無法使非導電膜自晶片金凸塊與軟板電極間移除，晶片與軟性基板接合後，非導電膜存在於金凸塊與軟板銅電極間；故無法形成有效之電訊通路。此一實驗結果驗證氬氣電漿活化處理可有效提高金凸塊與軟性基板銅電極之接著性，可形成有效電訊通路之封裝。晶片與軟性基板之接合強度隨固化溫度與固化時間之提升而增高，晶片與軟性基板之接合強度主要來自非導電膜與晶片及軟性基板三者間之黏著力較高固化溫度與固化時間有助於非導電膜之固化強度，故可提高晶片與軟性基板之接合強度。比較氬氣電漿活化處理對晶片與軟性基板接合強度之影響，清楚發現經氬氣電漿處理之試片，其接合強度均高於未經電漿活化處理者，氬氣電漿活化處理後之軟性基板表面之接觸角較未處理者大幅下降，顯示軟性基板表面之潔淨度較佳，具較佳潤濕性，可提高非導電膜與軟性基板及晶片三者間之界面接合強度，此應為晶片與軟性基板接合強度提升之主因。

關鍵字：熱壓覆晶接合、非導電膜、電漿活化

Abstract

A non-conductive film (NCF) and the thermal compression bonding process were combined to assemble the chips and flex substrates. To achieve the gold bumps of chips bonded on copper electrodes of flex substrates directly and to improve the bonding strength of chips and flex substrates assembly, the argon plasma

was used to active the bonding surface of copper electrodes. Flex substrates subjected to argon plasma activation prior to assemble the chips and flex substrates with different activated parameters. The effects of cured parameters on the bonding strength were also investigated, cured temperature and cure durations. For flex substrates activated with argon plasma, the NCF placed on the surface of flex substrates and then chips were flip-bonded on the flex substrates using thermal compression. After flip-chip bonding, the chips together with flex substrates were heated on the stage for NCF curing at various durations and temperatures. A subsequent die-shear test was carried out to evaluate the bonding strength of chips and flex substrates assembly. Scanning electron microscopy (SEM) was conducted to confirm the morphology and elucidate the bonding interface between the gold bumps and copper electrodes. The contact angle was measured to verify the wettability of flex substrates after they were subjected to argon plasma activation. For flex substrates with argon plasma activation, the NCF was removed away from bonding interface between gold bumps and copper electrodes during thermal compression bonding. Accordingly, gold bumps were directly bonded onto copper electrodes to form successful electrical paths between chips and the flex substrate. A low contact angle can be achieved for flex substrates activating with argon plasma, indicating the containments on the surface of flex substrates were removed, and a good wettability on the bonding surface can be obtained. The sound bonding interface with sufficient bonding strength was achieved, since neither delamination nor porosity was found at bonding interface between the NCF and flex substrates for flex substrates activating with argon plasma. The argon plasma activation has a significant improvement on bonding strength of chips and flex substrates assembly using NCF. This process was potentially to be applied to the packaging of the portable electronic products.

keyword: non-conductive film, thermal compression bonding, plasma activation

1.前言

隨消費性與可攜帶式電子產品之迅速發展，傳統之硬式基板已逐漸為軟性基板所取代，因軟性基板具較佳之可撓性、重量輕與易於攜帶之優點，然而軟性基板之機械強度與耐熱性較硬式基板差，因覆晶接合過程中，軟性基板無法將超音波能量傳遞至接合界面，且軟性基板無法承受較高之接合溫度。故傳統覆

晶接合製程難以應用於晶片軟性基板之接合[1]，為克服此一技術瓶頸覆晶接合製程(flip-chip bonding with adhesive)使因應而生，係於覆晶接合過程中加入高分子膠用以接合，將兩者接合後，施以固化過程，利用高分子膠之固化強度，接合軟性基板與晶片。目前使用之高分子膠可分為均方性導電膠(ICA)[2]、異方性導電膠(ACP)[3]與非導電膠(NCP)[4]三種，異方性導電膠為晶片與軟性基板接合之主要製程，但異方性導電膠存在導電粒子難以精確掌控之缺點，易於相鄰導線間形成短路或無法形成良好電訊通路[5]，故非導電膠為目前晶片與軟性基板技術開發之重點，然而非導電膠使用上難以控制塗佈之均勻性，故擬由非導電膜接合技術之開發解決上述問題。Hwang 等人[6]將異方性導電膠與非導電膠應用於電漿顯示面板之可行性做比較，由實驗結果得知非導電膠未具有導電粒子填料，因此其固化速度、吸濕率和玻璃轉換溫度皆較使用異方性導電膠之結果優異。而使用非導電膠亦可改善電漿顯示面板應用之電子躍遷能力。Kim 等人[7]比較 Sn/Cu 凸塊以及不同種類之非導電膠在不同接合壓力下對於 COG 接合之可靠度，由實驗結果得知使用 Sn/Cu 凸塊能夠補償在不同壓力下凸塊高度不均之缺陷並減少相鄰兩凸塊形成架橋造成短路，而非導電膠經可靠度測試後並未發生劣化，因此使用 Sn/Cu 凸塊能夠提高 COG 接合之可靠度。為了使晶片與軟板透過非導電膠具較佳接合品質，並且減少接合時間、較低之接合溫度與較低之接合壓力，Lee 等人[8]使用橫向超音波進行覆晶接合並比較使用非導電膠與未使用非導電膠接合後之可靠度，研究結果顯示接合時間於 1 秒，超音波功率為 8 W 時，其接合強度最佳，非導電膠能夠有效降低其接觸電阻。Chuang 等人[9]將非導電膠結合熱音波技術提升矽晶片與軟板間之接合性質，由實驗結果得知超音波功率能夠將接合區域之非導電膠剷除，使金凸塊與軟板直接接合有效提升矽晶片與軟性基板之接合強度。

本研究主要以非導電膜熱壓與覆晶接合製程將晶片接著於軟板銅電極，由於非導電膜之流動性較差，因此欲透過氬氣電漿活化技術改變軟性基板銅電極表面之潔淨度，期望提高銅電極表面之潤濕性，進而提高非導電膜於接合過程之流動性，提升晶片金凸塊與軟性基板銅電極之接合品質，並探討非導電膜應用於活化技術之可行性。

2. 研究方法

本實驗之目的為探討以非導電膜與熱壓覆晶製程接合晶片與軟性基板之製程關鍵技術，並以氬氣電漿活化技術提高軟性基板表面銅電極之潤濕性，首先以熱音波植凸塊製程將金凸塊接著於晶片錳墊，每一晶片共九個面積陣列金凸塊，如圖一所示。為確保金凸塊與晶片錳墊之接合強度；當金凸塊接著於晶片後，以剪力試驗檢測其接合強度是否達 JEDEC 規範之要求；軟性基板則選用銅箔以高溫接著於聚乙醯胺

(polyimide)而成雙層軟性基板，銅層與聚乙醯胺之厚度分別為 9 μm 與 13 μm ，如圖二之示意圖所示。實驗所需之非導電膜則選用熱固型 (thermosetting) 膠體，厚度約為 20 μm ，如圖三所示。軟性基板未進行覆晶接合前，施以氬氣電漿活化軟性基板表面之銅電極，氬氣電漿活化之主要參數為電漿活化時間(10-50s)、電漿活化功率(150W-350W)，氬氣流量與真空腔底壓分別固定於 10sccm、30mtorr。軟性基板銅電極經氬氣電漿活化後，將儲存零下 20 $^{\circ}\text{C}$ 之非導電膜取出，放置於室溫環境，待其回溫後，將非導電膜平鋪貼合於軟性基板上，為提高非導電膜與軟性基板之貼合性，將載台溫度加熱至 50 $^{\circ}\text{C}$ ，並以 0.25kgf 進行非導電膜與軟性基板之預壓，期望提高兩者之貼合性，隨後將載台加熱至 90 $^{\circ}\text{C}$ 並施以 2kgf 之負荷將植金凸塊之晶片反轉接合於軟性基板表面之銅電極，隨後於不同固化時間與固化溫度下進行非導電膜之固化處理，溫度與固化時間之歷程，如圖四所示。晶片接著於軟性基板試片經固化處理後，以剪力試驗檢測晶片與軟性基板之接合強度，並以電子顯微鏡(SEM)與能量光譜分析儀(EDS)分析剪力試驗後之破斷面與其組成元素，供判斷接合試片剪力試驗之破斷模式。為進一步檢驗金凸塊是否直接接著於軟性基板銅電極而形成有效之通訊電路，接合試片經鑲埋、研磨與拋光等金相處理，以電子顯微鏡或光學顯微鏡觀察金凸塊與軟性基板銅電極之接合界面是否存在非導電膜，並觀察非導電膜與軟性基板及晶片金凸塊與銅電極接合界面之完整性。以座滴法檢測氬氣電漿活化技術對軟性基板銅電極表面接觸角之影響，此一實驗結果可確認氬氣電漿活化處理對軟板銅電極表面潔淨度之成效。

3. 結果與討論

3-1. 固化溫度對接合強度之影響

晶片與軟性基板之接合強度主要來自於非導電膜之固化強度，故不同固化溫度亦產生不同之固化強度，圖五所示為未經氬氣電漿活化處理軟性基板與晶片以非導電膜接合後，經不同固化溫度處理接合試片之剪力值，試片經 200 $^{\circ}\text{C}$ 固化後，其剪力強度高於固化溫度 150 $^{\circ}\text{C}$ 之接合試片，顯示較高固化溫度可使非導電膜形成較佳之網狀固化狀態，故其剪力值較高。進一步觀察不同固化溫度下金凸塊與軟性基板銅電極之接合界面，以較低溫度固化處理之接合試片於金凸塊與銅電極及非導電膜與軟性基板表面之接合界面均出現明顯脫層缺陷如圖六(a)所示，顯示非導電膜與軟性基板之接合強度不佳。反觀以較高溫度進行固化處理之試片，非導電膜與軟性基板接合界面僅有微量脫層缺陷產生如圖六(b)所示，其接合界面較低溫固化試片完整，故其剪力強度值較高，故本實驗固化溫度選用 200 $^{\circ}\text{C}$ ，此一接合界面觀察結果與剪力試驗所得結果相符。

3-2. 氬氣電漿活化參數對接觸角之影響

本實驗以氬氣電漿對軟性基板表面之銅電極進行

活化處理，並改變氫氣電漿之活化時間與活化功率，依不同活化參數對軟性基板進行後，以座滴法量測軟性基板銅電極表面之接觸角，以接觸角評估銅電極表面之潔淨度與潤濕性，並以此選擇氫氣電漿活化之適當參數。圖七所示為軟性基板銅電極表面經不同氫氣電漿活化時間與活化功率處理後之接觸角，未經氫氣電漿活化處理軟性基板之接觸角約為 87° ，而經氫氣電漿活化處理後試片表面之接觸角大幅下降均低於 10° ，延長活化時間與活化功率對接觸角改變不大，均在一微小區間變動。此一實驗結果顯示氫氣電漿可移除軟性基板表面之污染物，提高銅電極表面之潔淨度與潤濕性。圖八為軟性基板未經氫氣電漿活化處理與經活化處理後，試片表面之水滴外型圖，水滴落於未經氫氣電漿活化處理之軟性基板表面呈現半圓球狀，如圖八(a)所示，顯示水滴之內聚力大於水滴與軟性基板表面之表面張力，亦即軟性基板表面與水滴之潤濕性較差；反觀水滴落於經氫氣電漿活化處理之軟性基板上，呈現近平坦狀外型如圖八(b)所示，表示水滴與軟性基板之表面張力大於水滴之內聚力，亦即水滴在經氫氣電漿活化處理表面之流動性較佳，顯示軟性基板表面之潔淨度與潤濕性均較佳。本實驗結果驗證經氫氣電漿活化處理可提高軟性基板表面之潔淨度與潤濕性，且水滴於該表面之流動性較佳。

3-3. 電漿活化參數對接合強度之影響

為進一步探討不同氫氣電漿活化參數對晶片與軟性基板以非導電膜接合之強度影響，改變氫氣電漿之活化時間(10-50s)與活化功率(150W-350W)，其餘主要參數為真空腔底壓與氫氣流率分別固定於 30mtorr 與 10 sccm。圖九所示為軟性基板經不同電漿活化處理後與晶片以非導電膜接合試片之剪力值，由圖可以清楚發現軟性基板為經氫氣電漿活化處理者，其接合試片之剪力值僅為 1.41 kgf，若軟性基板經氫氣電漿活化處理後與晶片與非導電膜接合試片之剪力值均明顯提升，顯示氫氣電漿活化處理確實有助於剪力值之提升，延長氫氣電漿活化時間對剪力值之影響不大，當活化時間增至 40 秒-50 秒，剪力值些許下降；剪力值隨氫氣電漿功率增加而提高，但其增幅並不明顯。為探討氫氣電漿活化時間至 50 秒，接合試片剪力值下降原因，以電子顯微鏡觀察剪力試驗後，晶片端與軟性基板端之斷裂面型態圖，如圖十所示，當軟性基板經氫氣電漿活化 30 秒後與晶片接合試片經剪力試驗後之斷裂型態圖，晶片與軟性基板側表面均殘留部分非導電膜顯示晶片與非導電膜與軟性基板具優異之接合強度，如圖十(a)、(b)所示，而活化時間延長至 50 秒之接合試片斷裂圖呈現大部分非導電膜均殘留於軟性基板側，如圖十(c)、(d)所示，顯示非導電膜與軟性基板具良好之接著性，但斷裂出現於晶片端，顯示晶片與非導電膜之接合強度較弱，但由軟板端之斷裂型態可發現金凸塊於剪力試驗過程中，金凸塊具抵抗剪力測試強度，故於軟板側造成非導電膜擠斷後之斷裂表面型態，如圖十(d)所示，此一觀察結果

顯示金凸塊與非導電膜具良好之接著性，故其剪力值僅些微下降，由此斷面型態圖得延長活化時間造成剪力值些微下降應為晶片端與非導電膜接合強度較弱所致。圖十一所示為軟性基板經不同氫氣電漿活化功率後與晶片以非導電膜結合試片之橫截面圖，經氫氣電漿活化功率 150W 處理後之軟性基板接合試片之接合界面出現少許脫層缺陷，胎脫層缺陷主要出現於金凸塊與銅電極接合區域如圖十一(a)所示，而經活化功率 350W 處理後之接合試片，其接合界面完整而未發現任何脫層缺陷，如圖十一(b)所示，推論較大活化功率處理試片之剪力值較大原因應為接合界面完整所致。為驗證上述說法，以電子顯微鏡觀察經氫氣電漿活化功率 150W 與 350W 處理後接合試片之斷面型態，如圖十二所示，由圖中可以觀察到經氫氣電漿活化功率 150W 處理後接合試片之斷裂處要發生於軟性基板與非導電膜之接合面，僅少部分非導電膜殘留於軟性基板側，如圖十二(a)、(b)顯示非導電膜與軟性基板之接合強度較低，反觀經活化功率 350W 處理後接合試片之軟性基板側斷裂表面殘留之非導電膜較多如圖十二(a)、(b)所示顯示非導電膜與軟性基板之接合強度較佳，推論較大活化功率具較為潔淨之接合表面，故其剪力值較高。本實驗結果顯示氫氣電漿活化處理可提升晶片以非導電膜接合於軟性基板之接合強度，氫氣電漿可移除表面之污染物，提高接合表面之潤濕性進而提高晶片與軟性基板之接合強度，延長活化時間或提高活化功率對接合強度影響不大。

3-4. 固化時間對接合強度之影響

整體而言，接合強度隨著固化時間增加而提昇，如圖十三得知當軟性基板未經過氫氣電漿活化處理時，其接合強度於固化時間 30 秒時值為最低，推測其原因為固化時間太短導致非導電膜固化不完全，接合界面出現較大脫層現象導致其強度不佳，之後隨著固化時間增加，接合強度因為非導電膜固化趨於完全而至時間 240 秒時達到較佳之 1.68 Kgf。而軟性基板銅電極經過氫氣電漿(350W、30 秒)活化處理後，其固化時間於 30 秒時之接合強度值為最低，之後隨著接合時間增加其強度值亦增加，因此可以推測固化時間於 30 秒時，非導電膜固化不完全導致其固化強度不佳之主要原因。而軟性基板銅電極經過氫氣電漿活化處理後其接合強度與未經過氫氣電漿處理之試片接合強度比較可以觀察出經氫氣電漿處理後之試片接合強度明顯提升，以固化時間 240 秒為例未經過氫氣電漿活化處理前其強度值為 1.68Kgf，而經過氫氣電漿活化處理後其強度值為 2.3Kgf，由結果可以得知軟性基板銅電極經過氫氣電漿活化處理後增加了非導電膜與軟性基板銅電極之間的接合強度，推斷其原因為軟性基板銅電極經過氫氣電漿後其表面潔淨度較佳，因此具有良好之潤濕性，因此非導電膜於軟性基板銅電極上流動性增加使晶片金凸塊於加壓時較容易將軟板上之非導電膜堆開並直接與軟性基板銅電極接觸，隨著固化時間增加非導電膜具有較佳之網狀固化狀態，因此其接

合強度較佳。圖十四所示為軟性基板銅電極未經氫氣電漿活化處理與氫氣電漿活化處理後之接合試片橫截面，由圖十四(a)中可清楚觀察脫層缺陷存在於金凸塊與軟性基板銅電極之接合界面，而圖十四(b)所示之金凸塊尺寸較圖十四(a)小，因於研磨初期並且未達最大直徑尺寸即可以觀察類似脫層缺陷或非導電膠存在於金凸塊與軟性基板銅電極之間，為進一步釐清存在於金凸塊與軟性基板銅電極間之缺陷為非導電膜或脫層缺陷，以較大倍率觀察金凸塊與軟板銅電極間之接合界面，如圖十四(c)所示，顯示未經晶片金凸塊與未經氫氣電漿活化處理軟性基板銅電極之接合試片易於接合界面殘留非導電膜，形成失效之電訊通路封裝，若軟性基板銅電極於覆晶接合前施以氫氣電漿活化處理，則金凸塊可直接接著於軟板銅電極，晶片與軟性基板間形成良好之電訊通路，如圖十四(c)所示，相對於未進行氫氣電漿活化處理之接合試片，氫氣電漿活化處理可提非導電膜與軟性基板接合介面之完整性，並使金凸塊與軟板銅電極直接接著，而形成良好之電訊通路。

圖十五所示軟性基板銅電極未經氫氣電漿活化處理於不同固化時間，晶片側與軟性基板側經剪力試驗後之破斷面，若接合試片之固化時間僅為 30 s，經剪力測試後之破斷型態圖發現大部分非導電膜從軟性基板表面之接合界面剝離(peeling off)，殘留於晶片側，如圖十五(a)、(b)所示，推論非導電膜因固化不全，無法形成有效之固化強度，故與軟性基板之接合強度不佳，導致其剪力值較低，如前述圖十五所示；反觀若延長非導電膠之固化時間至 240 s，接合試片經剪力測試後之破斷面如圖十五(c)、(d)所示，非導電膜部分殘留於晶片側與軟性基板側，顯示較長固化時間可提高非導電膜之固化強度，進而提高軟性基板與非導電膜之固化強度(圖十三)，故部分非導電膜殘留於晶片側與軟性基板側。延長固化時間雖可有限度提升軟性基板與非導電膜之接合強度，但由其破斷面得知，部分非導電膜仍於軟性基板表面剝離破壞，顯示非導電膜與軟性基板之接合強度仍需再度提升，方可滿足晶片與軟性基板高強度之接合需求。故後續以氫氣電漿活化軟性基板表面，期望移除軟性基板表面之污染物，提高軟性基板表面之潔淨度，進而提高非導電膜與軟性基板表面之接合強度，提升晶片與軟性基板之接合強度。

3-5. 氫氣電漿活化對金凸塊與銅電極接合界面之影響

由圖十四(b)、(c)所示軟性基板未經過氫氣電漿之試片非導電膜、晶片金凸塊與軟性基板銅電極之接合界面存在非導電膜，推斷為非導電膜本身流動性不佳，因此於接合加壓時無法將非倒電膜完全擠出，導致晶片金凸塊與軟性基板銅電極存在非導電膜，為失效之通訊電路。反觀圖十四(d)所示經氫氣電漿活化處理後之接合試片，晶片金凸塊與軟性基板之接合界面中並未觀察到殘餘非導電膜，使金凸塊與銅電極直接接觸，顯示軟性基板經過氫氣電漿活化處理後，提高

表面清潔度，具良好潤濕性使非導電膜流動性增加，使非導電膜於接合過程較易擠出金凸塊與銅電極之接合區域。圖十六為軟性基板銅電極未經氫氣電漿活化處理與經氫氣電漿活化處理之試片破斷面圖，由圖十六(a)、(b)得知未經氫氣電漿活化處理之試片，大部分非導電膜殘留於晶片側，顯示非導電膜與軟板銅電極之接合強度不佳，因此其剪力強度較差；反觀圖十六(c)、(d)所示晶片側與軟板側皆殘留非導電膜，並且由其破裂斷面圖觀察得知晶片側與軟板側之非導電膜出現明顯阻止剪力破壞之斷裂面，此一斷面顯示須受到較大之剪力方使其斷裂，因此具較佳之剪力強度，此一斷面型式與剪力測試結果相符，如圖十三所示。圖十六(e)所示為軟性基板銅電極經氫氣電漿活化處理、固化時間 240 秒之接合試片 EDS 分析，由分析結果發現晶片金凸塊上具有銅元素，推斷軟性基板銅電極經氫氣電漿活化處理後，具清潔表面污染物之效果，提高軟性基板表面之潔淨度，進而提升非導電膜於熱壓接合時之流動性，致使晶片金凸塊於加壓時易將非導電膜排開與軟性基板銅電極直接接觸形成良好之電訊通路，故於晶片側之金凸塊測得軟板銅電極之訊號。若軟性基板銅電極未經氫氣電漿處理其接合界面具明顯之脫層缺陷，顯示軟性基板銅電極與非導電膜之接合不佳；反觀軟性基板銅電極經氫氣電漿活化處理後，非導電膜與軟性基板之接合品質提升，使其具較佳之接合強度，且金凸塊與軟性基板銅電極間並無殘留非導電膜而形成良好之電訊通路。

4. 結論

由實驗結果可以歸納結論如下：

1. 成功開發晶片金凸塊以非導電膜與熱壓覆晶接合技術接合至軟性基板銅電極之接合製程，較佳之熱壓覆晶接合製程參數為接合溫度 90°C、固化溫度 200°C、固化時間 240 秒、電漿活化時間 30 秒、電漿功率為 350W。
2. 固化溫度過低或固化時間過短會使非導電膜固化不完全，導致晶片金凸塊與軟性基板銅電極間產生脫層缺陷，降低其接合強度，因此延長固化時間及提高固化溫度能使非導電膜固化較完全，進而提升其接合強度。
3. 軟性基板銅電極經氫氣電漿(350W、30 秒)活化處理提升其表面清潔度，表面具良好潤濕性，增加非導電膜於接合過程之流動性，進而提高晶片金凸塊與軟性基板銅電極之接合強度。

5. 計畫自評

依申請計畫之查核重點檢視本研究業已完成各項查核項目，對非導電膜、軟性基板與氫氣電漿活化製程之基本性質與概念均已充分掌握，且藉由氫氣電漿活化技術提升非導電膜與軟性基板之接合強度，進而提升晶片與軟性基板之覆晶

接合強度。此外，氬氣電漿活化技術亦可提高軟性基板銅電極之潔淨度，有助於非導電膜於熱壓覆晶加熱過程中之流動性，晶片金凸塊可於加壓接合過程將軟化之非導電膜擠出金凸塊與軟性基板銅電極之接合區域，使晶片金凸塊與軟性基板銅電極直接接著，晶片與軟性基板間形成有效之電訊通路。此一製程如申請計畫之預期目標，大幅降低異方性導電膠因添加導電顆粒數量與其尺寸之限制，存在相鄰錳墊間因導電顆粒架橋所引致之短路或晶片與軟性基板間因添加顆粒團聚所造成之開路缺陷，此一製程不僅保留異方性導電膠之優點，更可免除異方性導電膠存在之製程風險，且非導電膜無須添加導電顆粒，價格相對較異方性導電膠具價格競爭優勢，故以非導電膜接合晶片與軟性基板可符合軟性基板於消費性電子產品之封裝。

本研究於學術方面建構非導電膜提升晶片與軟性基板接合強度之機理，並深入探討相關製程參數對非導電膜固化強度與接合強度之影響，而製程中引入氬氣電漿活化技術提升非導電膜與軟性基板之接合強度，並以接合試片經剪力試驗後之斷面圖，評估晶片與軟性基板接合試片斷裂模式，用以說明氬氣電漿活化技術提升接合強度之機制，部分研究結果已發表兩篇內會議論文於31屆機械年會，完整研究結果目前正撰寫投稿論文，預計2月中前投稿至 Journal of electronics materials 期刊，保守估計應可產出兩篇 SCI 期刊論文。

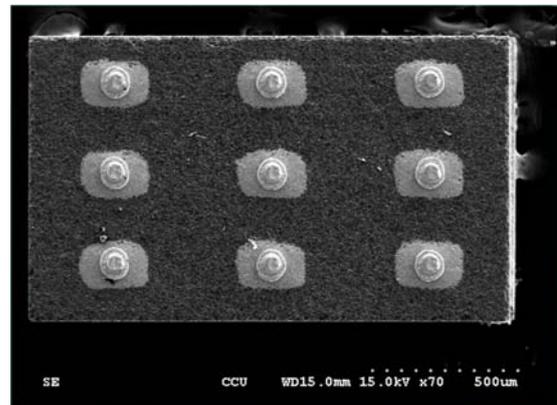
本研究參與人員除碩士班學生兼任助理一名外，合作廠商以碼科技研發人員共三人參與本計畫之執行，除了解軟性基板與非導電膜之基本性質外，於計畫中深刻體驗以微觀分析提供製程參數修正用途，此一技術亦可應用於實際生產製程隻除錯(trouble shooting)與優化製程參數，除完成計畫之預期目標外，異達成相關人員之培訓。

6. 參考文獻

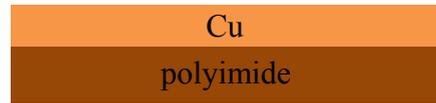
1. C. L. Chuang, H.F. Fan, Microelectronic Engineering, Vol. 88, 2011, p. 3080.
2. D. Wojciechowski, J. Vaneteren, E. Reese, H.W. Hagedorn, Microelectronics Reliability, Vol. 40, 2000, p. 1215.
3. M.A. Uddin, M.O. Alam, Y.C. Chan, H.P. Chan, Microelectronics Reliability, Vol.44, 2004, p 505.

4. R. Aschenbrenner, J. Gwiasda, J. Eldring, E. Zake, and H. Reichl, KARL SUSS, 1999.
5. M.H. Hong, S.C. Kim, Y.H. Kim, Journal of Current Applied Physics, Vol. 12, 2012, p. 612.
6. J.S. Hwang, J.Y. Kim, S.C. Kang, D.S. Seo, Y. Kwon, Journal of Microelectronics Reliability, Vol. 49, 2009, p. 806.
7. B.G. Kim, S.M. Lee, Y.S. Jo, S.C. Kim, K.M. Harr, Y.H. Kim, Journal of Microelectronics Reliability, Vol. 51, 2011, p. 851.
8. C.L. Chuang, Q.A. Liao, H.T. Li, S.J. Liao, G.S. Huang, Journal of Microelectronic Engineering, Vol. 87, 2010, p. 624.
9. J.B. Lee, J.G. Lee, S.S. Ha, S.B. Jung, Journal of Microelectronic Engineering, Vol. 88, 2011, p.715.

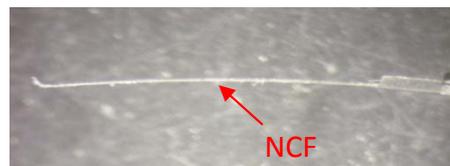
7. 圖表



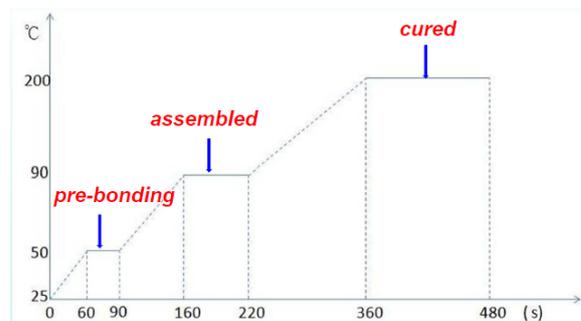
圖一、晶片表面植金凸塊形成面積陣列之外觀圖。



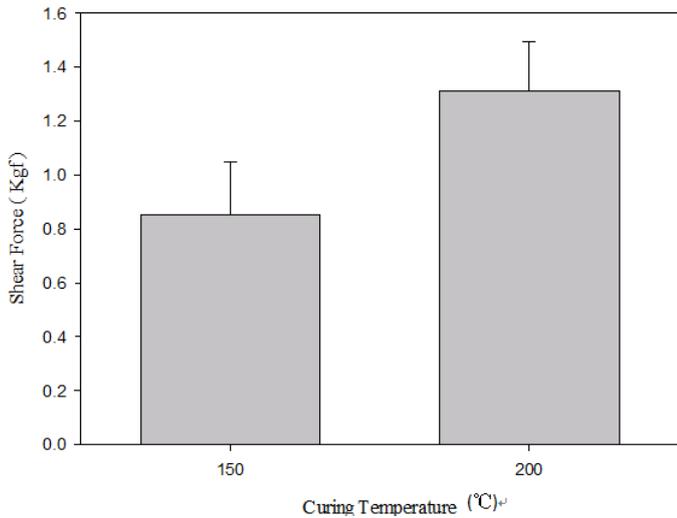
圖二、雙層軟性基板示意圖。



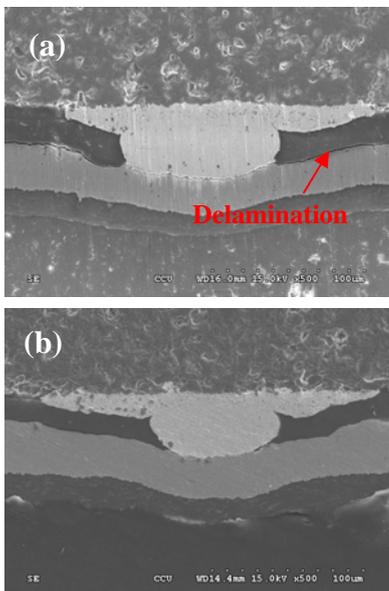
圖三、非導電膜截面外觀圖。



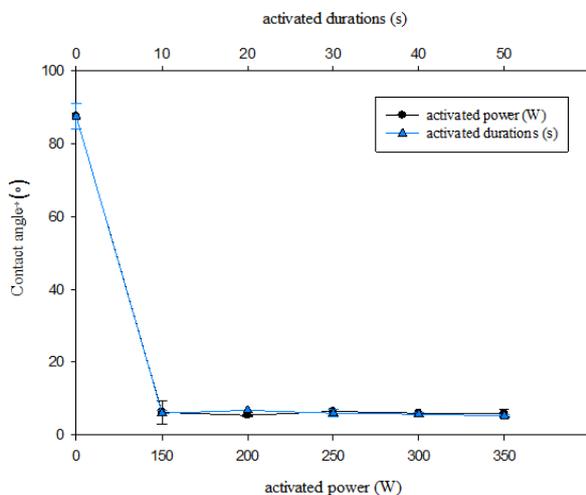
圖四、溫度與固化時間變化圖。



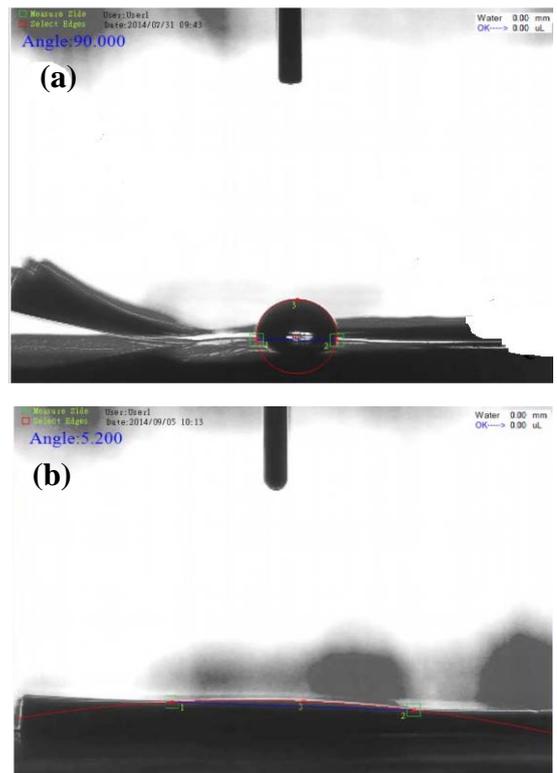
圖五、晶片接合於未經氬氣電漿活化處理之軟性基板試片，固化時間為 120 s，不同固化溫度之接合強度。



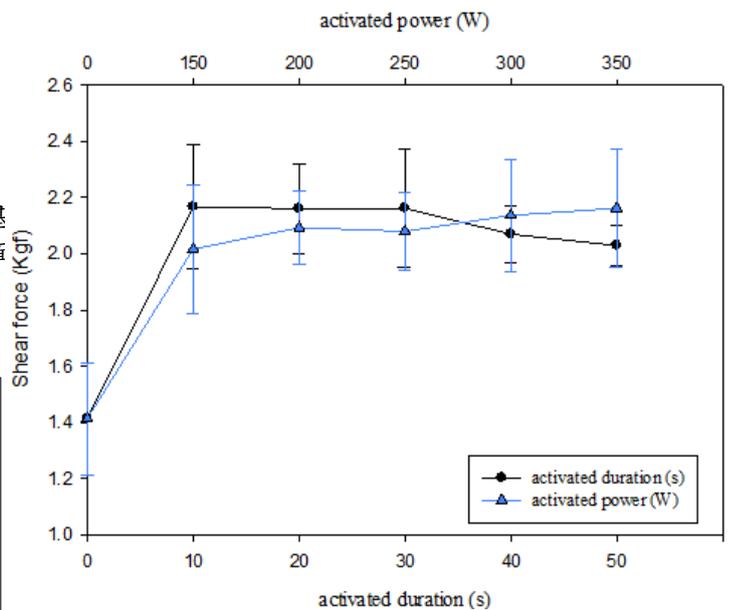
圖六、晶片接合於未進行氬氣電漿活化處理之軟性基片，不同固化溫度下及固定固化時間 2 分鐘之橫截面 (a)150°C，(b) 200°C。



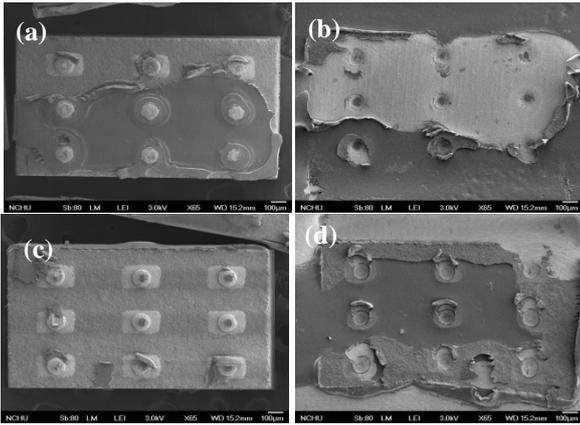
圖七、軟性基板銅電極表面經不同氬氣電漿活化時間與活化功率處理後之接觸角。



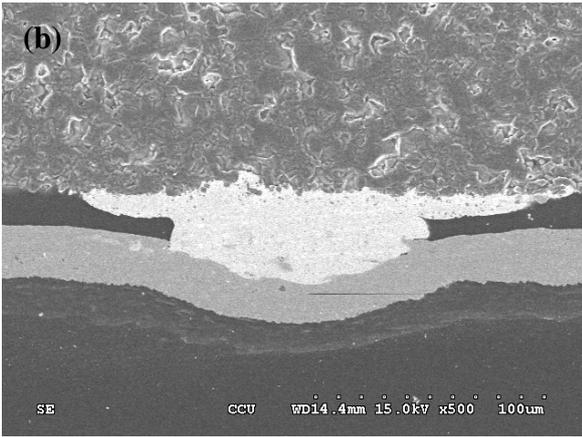
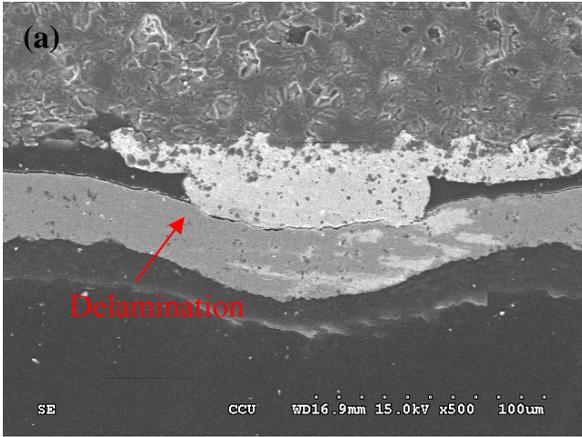
圖八、軟性基板銅電極經過氬氣電漿活化處理前與未經過氬氣電漿活化處理之接觸角，(a)未經電漿活化處理試片，(b)經電漿活化處理試片。



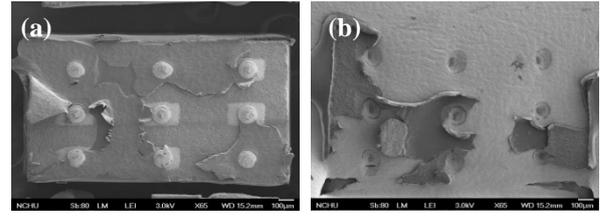
圖九、軟性基板銅電極經不同氬氣電漿活化時間、活化功率處理後與剪力值關係圖。



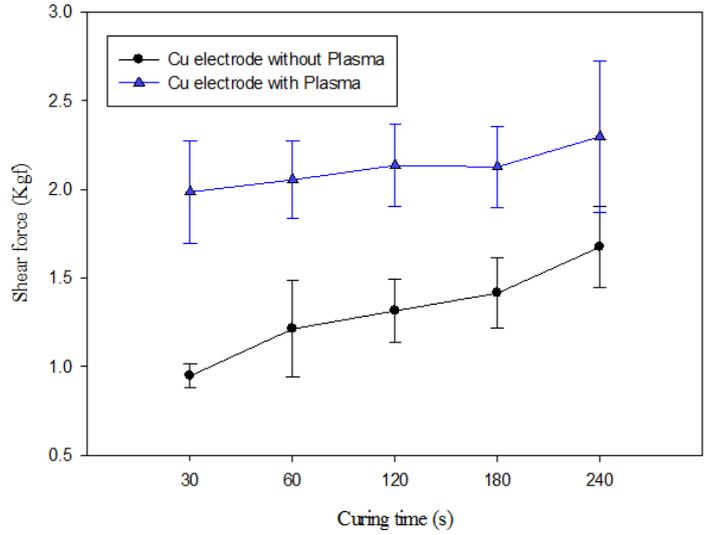
圖十、軟性基板銅電極經不同氬氣電漿活化時間處後與晶片接合試片經剪力測試後之斷裂表面型態圖，(a) 晶片端 350W，30 s、(b) 軟板端 350W，30 s、(c) 晶片端 350W，50 s、(d) 軟板端 350W，50 s。



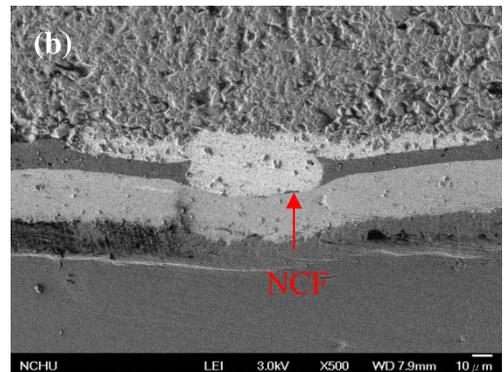
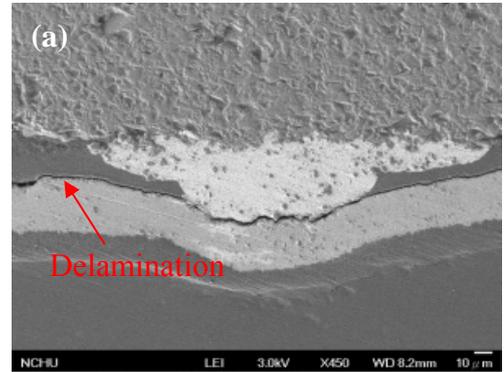
圖十一、軟性基板銅電極於不同氬氣電漿功率處理之試片橫截面，(a)150 W，30s、(b)350 W，30s。

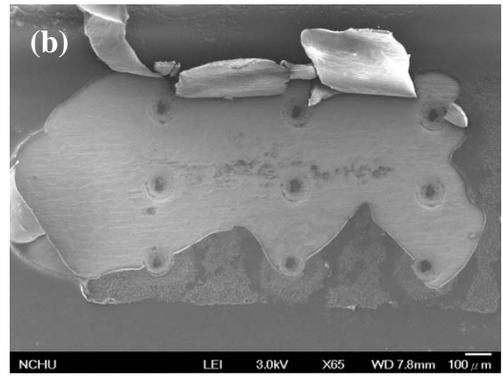
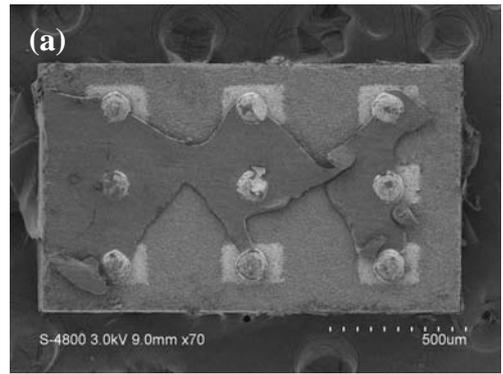
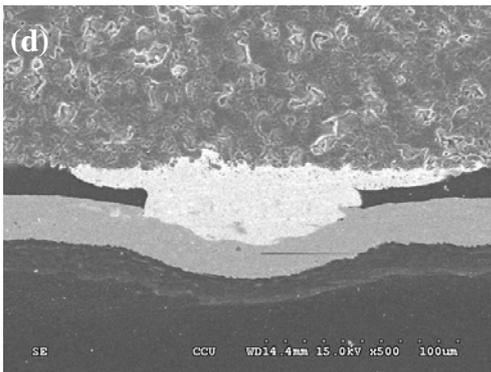
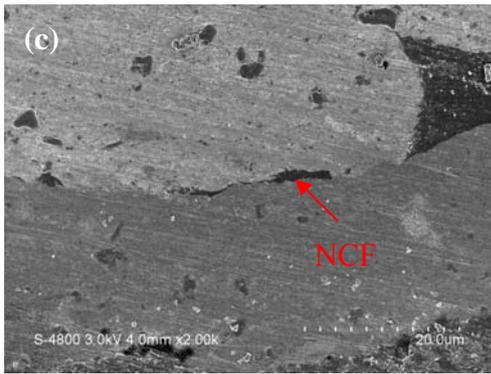


圖十二、軟性基板銅電極於不同氬氣電漿功率處理之試片橫截面，(a)150 W，30s、(b)350 W，30s。

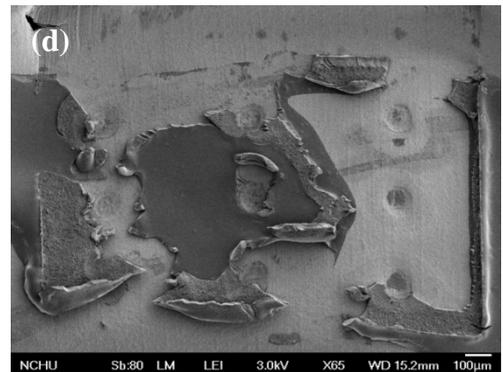
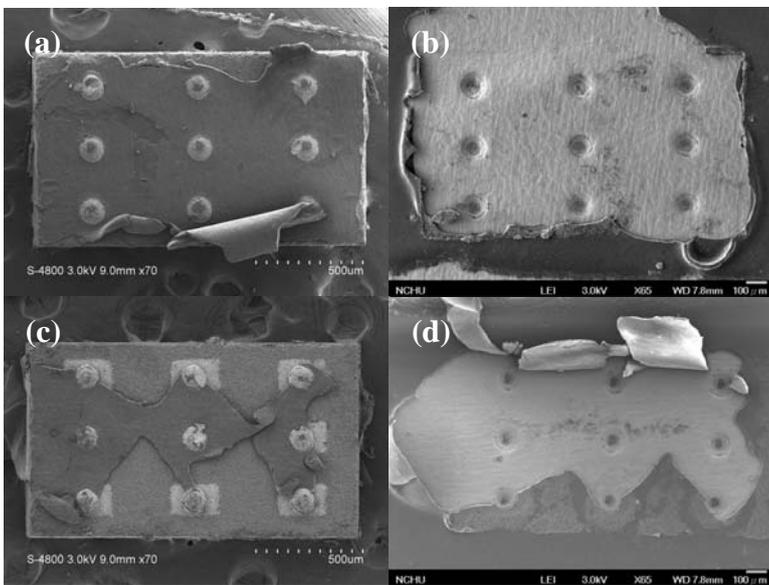
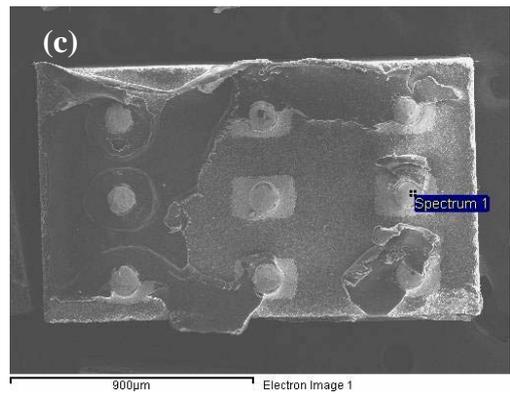


圖十三、軟性基板銅電極未經氬氣電漿活化處理與經活化處理後(350W，30s)試片固化時間與剪力強度之關係圖。

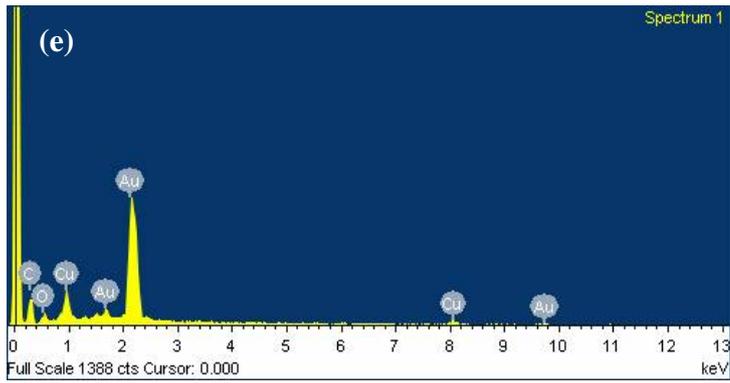




圖十四、軟性基板未經電漿活化處理與電漿活化處理後接合試片之橫截面，(a)未經電漿活化處理，固化時間 30 s、(b)未經電漿活化處理，固化 240 s、(c)圖(b)之放大倍率圖、(d)經電漿活化處理，固化時間 240 s。



圖十五、不同固化時間後接合試片經剪力測試後之斷裂表面型態圖，(a)固化時間 30 s，晶片側、(b)固化時間 30 s，軟板側、(c)固化時間 240 s，晶片側、(d)固化時間 240 s，軟板側。



圖十六、晶片金凸塊與軟性基板銅電極經剪力測試後之斷裂表面型態圖，(a)軟板未經電漿處理之晶片側斷裂圖、(b)軟板未經電漿處理之軟板側斷裂圖、(c)軟板經電漿處理(350W，30 s)之晶片側斷裂圖、(d)軟板經電漿處理(350W，30 s)之軟板側斷裂圖，(e)圖(c)之金凸塊斷面能量光譜儀分析圖譜。

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2015/01/05

科技部補助計畫	計畫名稱: 高精確性異方性導電膠應用於晶片與軟性基板接合製程之開發		
	計畫主持人: 莊正利		
	計畫編號: 102-2622-E-040-001-CC3		學門領域: 加工與製造
研發成果名稱	(中文) 非導電膜接合矽晶片與軟性基板之製程技術		
	(英文) A process of chips and flex substrates assembly used the non-conductive film		
成果歸屬機構	中山醫學大學	發明人 (創作人)	莊正利, 陳俊佑
	<p>(中文) 藉由氬氣電漿活化技術提升非導電膜與軟性基板之接合強度, 進而提升晶片與軟性基板之覆晶接合強度。此外, 氬氣電漿活化技術亦可提高軟性基板銅電極之潔淨度, 有助於非導電膜於熱壓覆晶加熱過程中之流動性, 晶片金凸塊可於加壓接合過程將軟化之非導電膜擠出金凸塊與軟性基板銅電極之接合區域, 使晶片金凸塊與軟性基板銅電極直接接著, 晶片與軟性基板間形成有效之電訊通路。此一製程如申請計畫之預期目標, 大幅降低異方性導電膠因添加導電顆粒數量與其尺寸之限制, 存在相鄰錳墊間因導電顆粒架橋所引致之短路或晶片與軟性基板間因添加顆粒團聚所造成之開路缺陷, 此一製程不僅保留異方性導電膠之優點, 更可免除異方性導電膠存在之製程風險, 且非導電膜無須添加導電顆粒, 價格相對較異方性導電膠具價格競爭優勢, 故以非導電膜接合晶片與軟性基板可符合軟性基板於消費性電子產品之封裝。</p> <p>(英文) For flex substrates with argon plasma activation, the NCF was removed away from bonding interface between gold bumps and copper electrodes during thermal compression bonding. Accordingly, gold bumps were directly bonded onto copper electrodes to form successful electrical paths between chips and the flex substrate. A low contact angle can be achieved for flex substrates activating with argon plasma, indicating the containments on the surface of flex substrates were removed, and a good wettability on the bonding surface can be obtained. The sound bonding interface with sufficient bonding strength was achieved, since neither delamination nor porosity was found at bonding interface between the NCF and flex substrates for flex substrates activating with argon plasma. The argon plasma activation has a significant improvement on bonding strength of chips and flex substrates assembly using NCF. This process was potentially to be applied to the packaging of the portable electronic products.</p>		
產業別	電機及電子機械器材		
技術/產品應用範圍	消費性電子產品晶片與軟性基板之接合技術。		
技術移轉可行性及預期效益	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可解決異方性導電膠因添加導電顆粒索引致短路或導電顆粒團聚造成開路之缺陷, 有效提升晶片與軟性基板接合之製程能力。 2. 非導電膜無須添加導電顆粒, 故其製造成本較異方性導電膠更具競爭力。 3. 非導電膜亦可解決非導電膠難以均勻塗佈於軟性基板之挑戰。 4. 氬氣電漿活化技術之引入, 可提升非導電膠與軟性基板之接合強度, 有效達成晶片與軟性基板良好之接合品質。 6. 以膠合覆晶接合製程進行晶片與軟性基板之接合無須進行底膠充填步驟, 有效降低封裝製程之製造成本。 		

註: 本項研發成果若尚未申請專利, 請勿揭露可申請專利之主要內容。

102 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：莊正利		計畫編號：102-2622-E-040-001-CC3				計畫名稱：高精確性異方性導電膠應用於晶片與軟性基板接合製程之開發	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	2	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 （本國籍）	碩士生	1	1	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			
國外	論文著作	期刊論文	1	0	100%	篇	投稿論文撰寫中，預計2月投稿至 Journal of electronics materials 期刊
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 （外國籍）	碩士生	1	1	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>1.本研究業已投稿國內研討會兩篇。 2.目前正撰寫國際 SCI 投稿論文，預計 2 月中可完成投稿至 Journal of electronic materials 期刊。 3.本研究已非導電膜成功接合晶片金凸塊與軟板銅電極，並於接合製程中引入氫氣電漿活化技術，除可移除軟性基板表面之汙染物，提高軟板表面之潤濕性，有助提升非導電膜與軟性基板之接合強度，並提高非導電膜加熱時之流動性，使金凸塊與軟性基板銅電極直接接著，形成有效之電訊通路。 5.本製程已大幅改善傳統異方性導電膠因添加導電顆粒所引致相鄰錐墊間之短路或開路風險，晶片金凸塊與軟性基板銅電極可直接接著，形成良好之電訊通路，故此一製程不僅保留覆精膠合製程之優點外，更可改善異方性導電膠之製程風險。</p>
--	---

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科教處計畫加填項目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫 預估 研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 1 項	完成技轉授權 1 項
專利	國內	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
	國外	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
人才培育		博士 0人，畢業任職於業界0人	博士 0人，畢業任職於業界0人
		碩士 1人，畢業任職於業界1人	碩士 1人，畢業任職於業界1人
		其他 0人，畢業任職於業界0人	其他 0人，畢業任職於業界0人
論文著作	國內	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		研討會論文 1 件	發表研討會論文 2 件
		SCI論文 0 件	發表SCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 1 件	完成技術報告 1 件
	國外	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		學術論文 0 件	發表學術論文 0 件
		研討會論文 0 件	發表研討會論文 0 件
		SCI/SSCI論文 1 件	發表SCI/SSCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 0 件	完成技術報告 0 件
其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 0 家	設立新公司或衍生公司(名稱)：
<u>計畫產出成果簡述：請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。(限 600 字以內)</u>		1.本研究業已投稿國內研討會兩篇。 2.目前正撰寫國際 SCI 投稿論文，預計 2 月中可完成投稿至 Journal of electronic materials 期刊。 3.本研究已非導電膜成功接合晶片金凸塊與軟板銅電極，並於接合製程中引入氫氣電漿活化技術，除可移除軟性基板表面之汙染物，提高軟板表面之潤濕性，有助提升非導電膜與軟性基板之接合強度，並提高非導電膜加熱時之流動性，使金凸塊與軟性基板銅電極直接接著，形成有效之電訊通路。 5.本製程已大幅改善傳統異方性導電膠因添加導電顆粒所引致相鄰鐳墊間之短路或開路風險，晶片金凸塊與軟性基板銅電極可直接接著，形成良好之電訊通路，故此一製程不僅保留覆精膠合製程之優點外，更可改善異方性導電膠之製程風險。	

