

九十八年度教育部技專院校『技術研發中心』

補助計畫

九十八年度計畫成果報告書

遠東科技大學

永續材料技術研發中心

申請學校：遠東科技大學

校長：王元仁

申請單位：永續材料技術研發中心

計畫主持人：鐘明吉

聯絡人：葉彥良

電話：(06) 597-9566#7275 傳真：(06)597-7115

E-mail：yehyl@cc.feu.edu.tw

本年度計畫：自民國九十八年一月一日

至民國九十八年十二月三十一日

九十八年度教育部技專院校『技術研發中心』 補助計畫

一、綜合資料：

申請單位	遠東科技大學		
主持人	姓名：鐘明吉 職稱：副校長 電話：(06) 597-9566#7271		
共同主持人	姓名：陳嘉勳 職稱：副教授兼主任 單位：永續材料技術研發中心 電話：(06)5979566#7888 姓名：官振豐 職稱：助理教授兼主任、副主任 單位：量產技術開發中心 電話：(06) 5979566#7255 姓名：關旭強 職稱：助理教授兼主任 單位：檢測技術開發中心 電話：(06) 5979566#7986 姓名：林焜章 職稱：助理教授兼主任 單位：創新育成中心 電話：(06) 5979566#7254 姓名：葉彥良 職稱：副教授兼研發長 單位：研究發展處 電話：(06) 5979566#7275		
全程計畫	執行年度：全程自 98年 1 月 1 日起 至 98 年 12 月 31 日止		
計畫 總預算	教育部補助	學校負擔	合計
	4,000,000	2,000,000	6,00,000
計畫 聯絡人	姓名：葉彥良 電話：公：06-597-9566#7275 宅：07-6981165 E-mail： yehyl@cc.feu.edu.tw 傳真：(06)5977115 通訊地址：744 台南縣新市鄉中華路 49 號		

摘要

近年來由於科技的精進與經濟的快速發展，台灣各產業間的競爭也日益劇烈，因此如何提升產業之競爭力，即成為產業永續經營的關鍵，而產業發展的關鍵則在於其研發、管理與創新能力之建立。成立研發部門可能造成產業之沉重負擔，因此結合具實用技術發展技職院校，整合現有之師資與設備共同研發具競爭力之技術，不但可強化產業之技術研發能力，對技職院校參與師生之實務經驗增進與學校整體競爭力之提升亦有實質的幫助。

為強化學校之研發能量，即積極成立各類研發中心，致力於各領域關鍵技術之研發，並加強與產業界之合作，尤其在環保材料、精密機械及塑膠精密加工，目前已有相當不錯的成果。本校在智慧財產權的推廣方面一向不遺餘力，近五年在全體師生的努力之下，已核准超過 859 件專利(累計至 98/12/31 為止申請國內外專利 **1136** 件)，且大多為師生共同創作之研究成果。連續六年在專利申請與專利發証上領先國內大專院校，專利申請件數更勝於許多國際知名企業。至於技術移轉方面，94 至 98 年度技術移轉件數共 115 件，技術移轉總金額為 12,191,863 元。依本校目前之研發能量及專利推廣情況，極為符合教育部重點補助已具有良好研發基礎的技職院校「技術研發中心」之條件，尤其本校在過去六年中針對材料再利用之技術，已提出近 100 項專利申請案，因此由研究發展處主導，特別針對永續材料需求，配合本校現有環境材料技術，結合精密製造中心、環材中心、創造力中心、微奈米中心、塑膠精密加工中心、貴儀中心、創新育成中心、電子材料系及化學工程學系共同成立「永續材料技術研發中心」，預計完成從回收、再加工和再利用等一貫作業，以落實支援並提升國內產業環保研發關鍵技術之需求。

貳、計畫目標

本計畫主要是整合本校目前研究領域相關之研發中心之設備、師資及研究成果，希望在短期內可提昇學校在產學合作方面之能量，並可解決當前產業發展所面臨的問題。本計畫為一跨領域之整合性計畫，如表 1 所示，共分為四個分項計畫，分別為(一)、可達 ESD 等級之聚烯烴導電高倍率發泡材料開發；(二)、LED 基板之超薄、高熱導介電層材料開發；(三)、改質 PET 收縮膜之吹膜製程開發；(四) 行星式螺桿在塑膠木複材之製備技術開發。計畫之各分項執行之流程則如圖 1 所示。本整合型計畫之執行時間已六年，各分項計畫之重點技術魚骨圖則如圖 2 所示。各分項技術已完成工作之預定目標。

表 1 整合型計畫與各分項計畫名稱與主持人

項 目	計 畫 名 稱	計 畫 主 持 人
總計畫名稱	「遠東科技大學永續材料技術研究中心」補助申請計畫	鐘明吉博士
分項計畫(一)	可達 ESD 等級之聚烯烴導電高倍率發泡材料開發	官振豐博士
分項計畫(二)	LED 基板之超薄、高熱導介電層材料開發	關旭強博士
分項計畫(三)	改質 PET 收縮膜之吹膜製程開發	彭新志博士
分項計畫(四)	行星式螺桿在塑膠木複材之製備技術開發	林焜章博士

分項計畫(一) 可達 ESD 等級之聚烯烴導電高倍率發泡材料開發延續過去既有之導電粉體改質技術技術，加入新型發泡劑劑並協同量產製程進行實際之產學合作技轉；分項計畫(二) LED 基板之超薄、高熱導介電層材料開發接使 LED 的散熱效率更高、壽命延長，本計畫並使用導熱粉改質技術，導入 LED 介面材料之製程中；分項計畫(三)進行改質 PET 收縮膜之吹膜製程開發，配合政府相關之政策及產業發之趨勢，協助國內產業升級；分項計畫(四) 行星式螺桿在塑木複材之製備技術開發延續過去四年塑木複合材料技術研發，利用先進行星式螺桿混鍊技術將材料將量產技術延伸至更具潛力之領域，至於總計畫則支援上述計畫之進行，並累積整合與推廣技術研發之成果。第六年之完成各分項計畫技術開發，結合技術研發、專利申請與技術成果推廣，配合各相關研發中心之資源與師資，藉由校內之資源整合，在現有的良好基礎上，於短期內快速提升本校之產學研發成果。

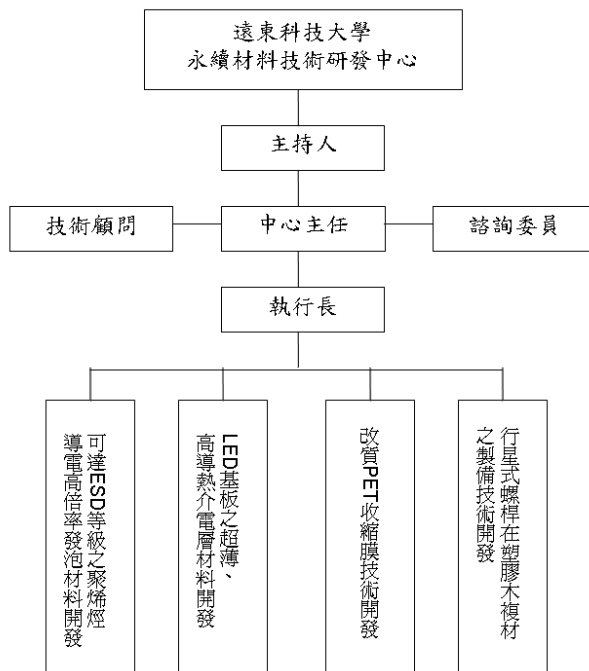


圖 1 執行計畫之流程圖

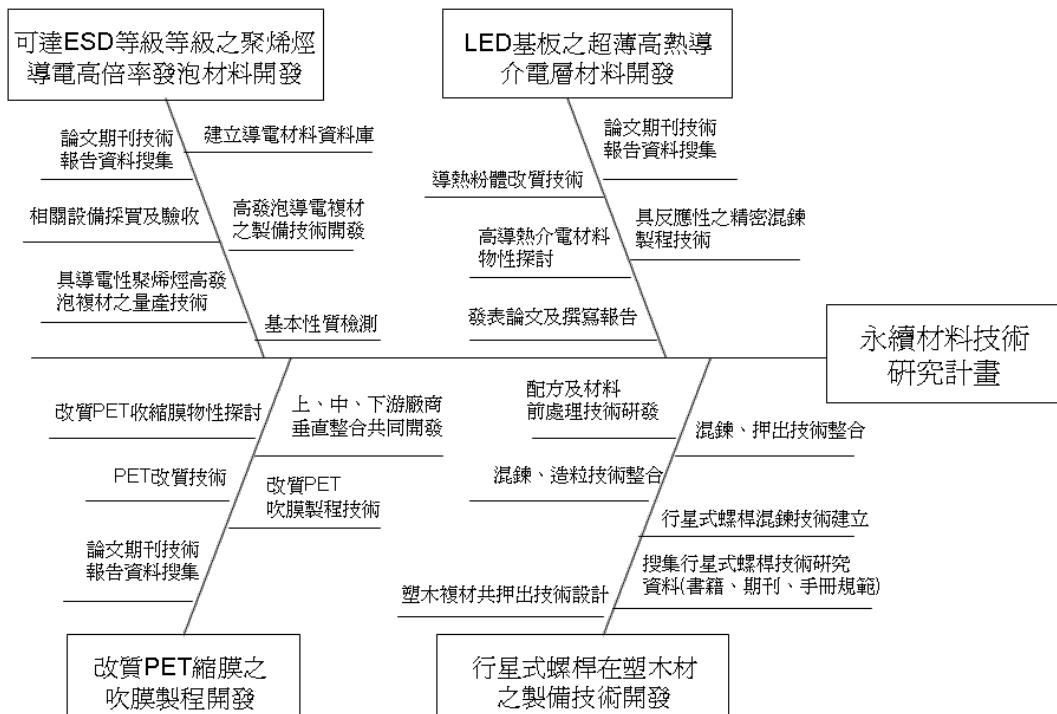


圖 2 整合型計畫之魚骨圖

參、第六年具體執行內容

一、各分項計畫之第六年之具體執行內容

分項計畫一：可達 ESD 等級之聚烯烴導電高倍率發泡材料開發

(一) 開發內容

本計畫所開發的產品，主要的基材是EVA、PE等聚烯烴材質的導電高發泡泡綿，產品的密度可達到 0.05 g/cm^3 以下，發泡倍率可達 20~30 倍，最重要的規格是具有靜電消散等級的抗靜電功能，即發泡倍率達 20~30 倍的聚烯烴高發泡泡綿，其表面電阻可達 $10^6 \sim 10^9 \Omega/\text{sq.}$ 之ESD等級。

(二) 創新重點

- (1) 透過奈米碳管及導電碳黑的改質可改變碳材之表面極性性質（乙烷基矽烷、馬來酸酐），改質後的奈米碳管及導電碳黑有較好的相容性質，亦提高了奈米碳管表面之反應性，使其能在基材中不形成團聚（aggregate），分散性較佳，然後利用改質後的表面特定官能基，以利於和高分子或其他單體之間的結合，增加基材物性。
- (2) 利用碳管的高導電特性及極佳的物性，搭配較低價的導電碳黑，可降低碳材的添加量，增加產品的高倍率發泡，如此的碳管與導電碳黑的協同，一方面可符合成本的考量，另一方面則增加產品的物性，以利獲得可達 ESD 等級之聚烯烴導電高倍率發泡型材。
- (3) 利用界面活性劑及相容劑的導入改質可有效增加碳材與基材之間的相容性，可使碳材均勻分散在基材之間，增加導電的通路，一方面可降低碳材添加量，另一方面可增加發泡型材物性。
- (4) 利用雙螺桿或力拿及萬馬力機，先行製作導電母粒的方式，增加分散性，此方式亦可有效增加碳材在基材之間的分散性。

以下主要是能符合產品商品化的物性需求為目標，以能大量應用於電子及電器等相關產品的包裝材為主。其相關物性的需求(目標值)如下：

項 目	目標值	引用標準
發泡密度 (g/cm ³)	0.1 (一次發泡) 及 0.05 (二次發泡) 以下	CNS 10487
25% 壓 縮 應 力 (kgf/cm ²)	1 (一次發泡) 及 0.2 (二次發泡) 以上	CNS 10487
壓縮永久變形率 (%)	6 (一次發泡) 及 10 (二次發泡) 以下	CNS 10487
抗拉強度 (kgf/cm ²)	2.5 (一次發泡) 1.5 (二次發泡) 以上	CNS 10487
延伸率 (%)	120 (一次發泡) 及 50 (二次發泡) 以上	CNS 10487
表面電阻 (Ω/sq.)	10 ¹¹ (一次發泡) 及 10 ⁶ ~10 ⁹ (二次發泡) 以下	ASTM D257
硬度 (Asker C)	60 (一次發泡) 以下及 30 (二次發泡) 以下	CNS 3555

(三) 研究成果

1 奈米碳管及導電碳黑複合配方研究：建立 1 組以上奈米碳管與導電碳黑最適複合比例。

樣品編號	1	2	3	4	5	6	7
添加比例(phr)							
CB (Carbon black)	6	6.5	7	x	6	6.5	7
CNT (Carbon nanotube)	1	1.5	x	2.5	1	1.5	x
POE-g-MA/PE-g-MA	x	x	x	x	5	5	5
測試結果							
表面電阻 (Ω/sq.)	10 ¹¹ ~10 ¹²	10 ¹⁰	10 ¹²	10 ¹¹ ~10 ¹²	>10 ¹²	>10 ¹²	>10 ¹²

利用塑譜儀 Brabender 的 Mixer 裝置，將不同的導電碳黑及碳管與添加劑（依不同比例）與塑膠基材（50 g），包含 PE、EVA、AC 發泡劑、發泡助劑、起始劑...等混練均勻（混練條件：溫度設定 115°C，轉速 50 rpm，時間 5 分鐘後，取 43g

至熱壓機中的發泡模具中，經熱壓機 170°C 熱壓 800 秒後開模，得導電發泡材樣品，再進行電氣性質測試。

以上實驗結果發現，樣品編號 2，添加導電碳黑 6.5 phr 與奈米碳管 1.5phr 的組合，可獲得較佳的表面電阻 $10^{10}\Omega/\square$ ，該組合是考量添加比例與成本考量及成品物性之最適複合配比。

2 碳管及導電碳黑表面改質研究：建立 1 種官能基以上的奈米碳管及導電碳黑改質，包括乙烯基矽烷（VTMOS）或馬來酸酐（MA）。

(1) 碳奈米管以 vinyltrimethoxysilane（VTMOS）改質之 free radical 反應

將 0.5 g 的 CNT、適量的 BPO 置於四頸瓶中，抽真空灌氮氣，使系統完全置於氮氣下。再將 25ml THF 以注射筒注入反應器裡，再注入 1.3 g VTMOS，最後再用 5ml THF 將殘留於瓶壁的溶液清淨，並控制溫度在 80°C。經純化之碳奈米管藉由 FTIR 和 Raman 光譜，鑑定其官能基。

(2) VTMOS 改質奈米碳管之 FTIR 光譜鑑定

由圖 3 之 FTIR 光譜觀察可知，未改質之碳奈米管主要是以苯環為主結構，所以在 $1600\sim 1475\text{cm}^{-1}$ 左右，會有很明顯的 Aromatic Ring 的 C=C double bond stretching。而改質的碳管上，除了明顯的 Aromatic Ring 的 C=C，還有 $1175\sim 1160\text{cm}^{-1}$ ， 1100cm^{-1} ， 1075cm^{-1} ， $970\sim 940\text{cm}^{-1}$ 左右也出現了官能基 Si-O-CH₃ 之特性吸收峰，顯示在改質後碳管具有 sol-gel 反應性之矽烷氧基，並且在 $1610\sim 1590\text{cm}^{-1}$ 並沒有觀察到 C=C 之 vinyl group，可證明沒有殘留在 CNT 內的矽烷改質劑 VTMOS。

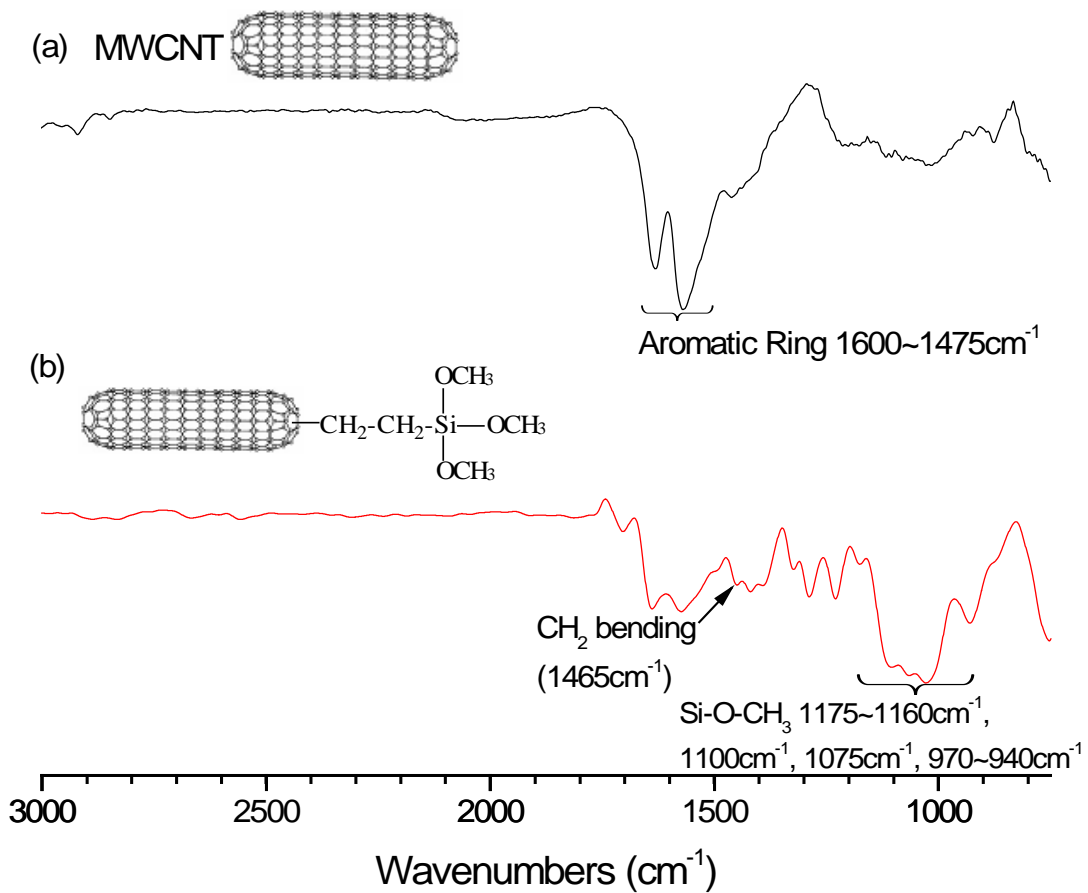


圖 3 FT-IR spectrum of pristine carbon nanotube and modified carbon nanotube

(3) VT MOS 改質奈米碳管之 Raman 光譜鑑定

一般結晶性碳質，Raman光譜分析通常將 1350 cm^{-1} 峰稱為D-band (Disorder band)，而將 1580 cm^{-1} 峰稱為G-band (Graphitic band)，純石墨的 Raman 光譜峰都有此兩個峰出現，由於碳奈米管可視為片狀的石墨層捲曲而成，而且碳奈米管的整體結構以石墨為主，因此在D-band (sp^3)及G-band (sp^2)附近會有較明顯的峰值出現，其C-C單鍵及C=C雙鍵振動的拉曼光譜各在 1350cm^{-1} 及 1580cm^{-1} 處，因此可判斷出產物的鍵結，也可藉著拉曼散色光譜可分析出碳奈米管是否含有缺陷，另由Raman光譜峰的相對強度，可以比較不同參數下結晶性。經由圖 4 中的純多壁碳奈米管 (MWCNT) 和 VT MOS-g-MWCNT的比較，可發現以VT MOS改質後的多壁碳奈米管在 1350cm^{-1} 處的吸收峰強度明顯提昇，D-band與G-band之面積比比值(Area ratio)有上升的趨勢，這就表示MWCNT經過改質之後，部份的C=C鍵被打

斷變成C-C鍵，形成碳奈米管的缺陷。

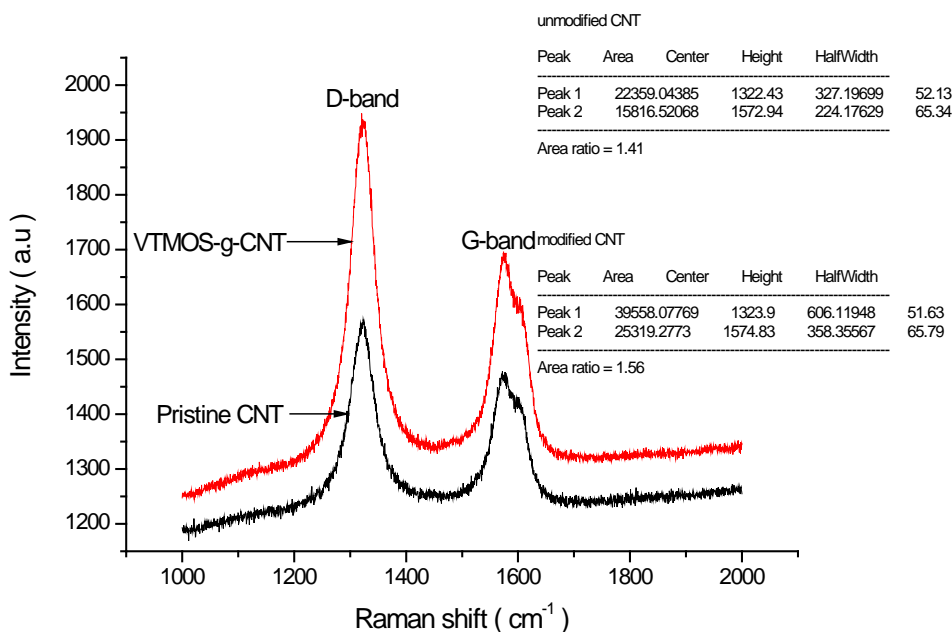
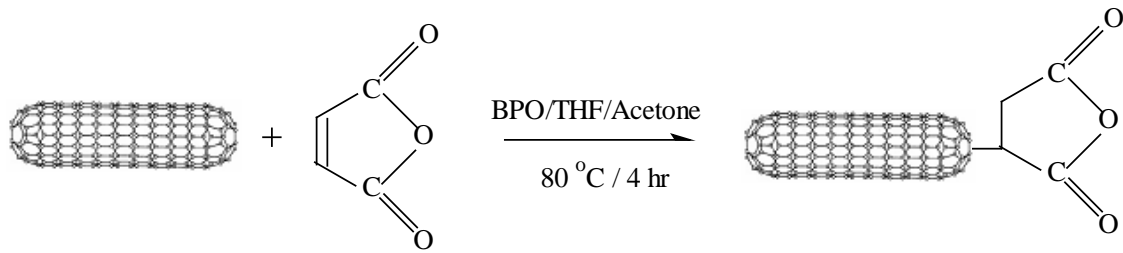


圖 4 Raman spectrum of pristine carbon nanotube and modified carbon nanotube

因此改質 carbon nanotube 可由 Raman 光譜來觀察被破壞的程度，D-band 與 G-band 之面積比之比值 (Area ratio) 愈大，表示在反應期間過氧化物 (benzoyl peroxide, BPO) 分解所帶之自由基不斷地產生，進而使得 乙烯基矽烷 (Vinyltrimethoxysilane, VTMOs) 上帶有自由基，破壞多壁碳奈米管表面上的雙鍵結構，MWCNTs 表面被自由基破壞愈多， sp^3 軌域混成的程度愈多，所以 D-band 與 G-band 之比值會隨著時間上升，同時也代表著在碳奈米管表面之 sol-gel 官能基有隨著時間增多的趨勢。

(4) 碳奈米管以 MA 改質之 free radical 反應 (MA-g-MWNT 之製備)

將 0.5 g 的 CNT、適量的 BPO 置於四頸瓶中，抽真空灌氮氣，使系統完全置於氮氣下。再將 25ml THF 及 25ml 丙酮以注射筒注入反應器裡，再注入 1.3 g MA，最後再用 5ml THF 將殘留於瓶壁的溶液清淨，並控制溫度在 80°C 。



(5) MA 改質奈米碳管之 FTIR 光譜鑑定

由圖 5 之 FTIR 光譜觀察可知，以馬來酸酐改質的多壁碳奈米管上，除了有明顯苯環的 C=C 特定吸收峰外，1214 及 1228 cm^{-1} 左右也出現了官能基 -C-O-C- 之特性吸收峰，1365 cm^{-1} 左右出現了官能基 -COO- 之特性吸收峰，並且在 1740 cm^{-1} 左右也出現了官能基 -C=O 之特性吸收峰。另外，在 3000 cm^{-1} 附近出現了 MA 接枝在碳管上的 -CH，而原先 MA 官能基上的碳-碳雙鍵 (C=C) 的 -CH 則明顯消失，可證明 MA 接枝到 MWNT 上。

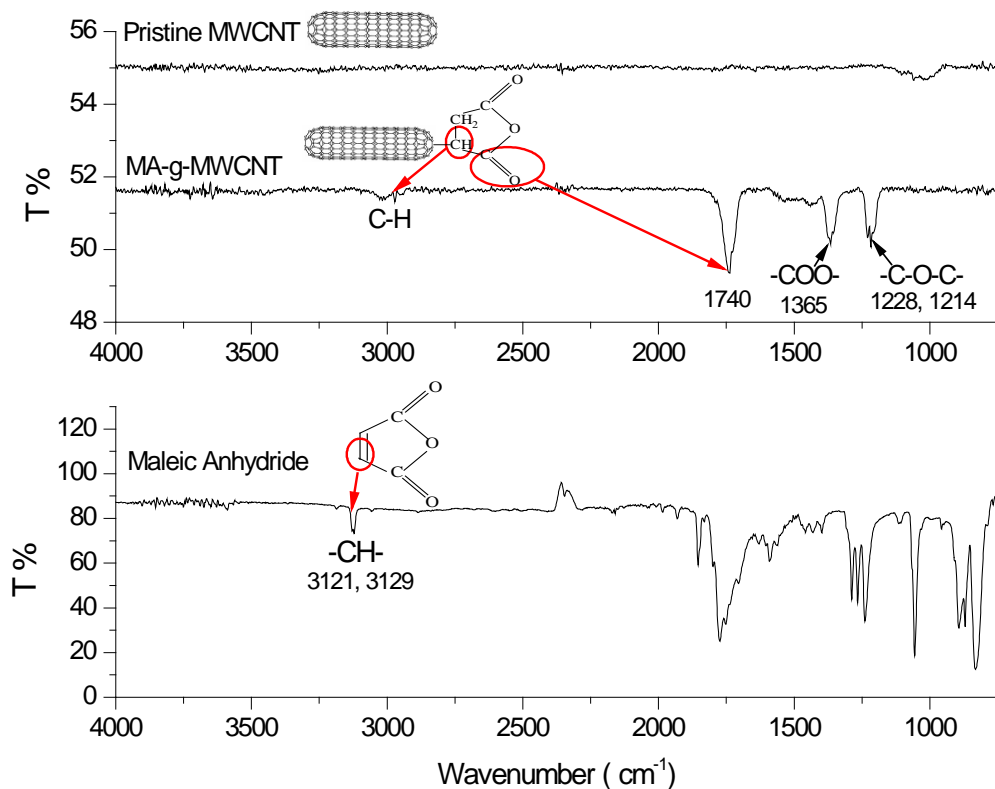


圖 5 FT-IR spectrum of maleic anhydride (MA) modified carbon nanotube and maleic anhydride

3 界面活性劑、相容劑：建立有、無相容劑POE-g-MA或PE-g-MA的物性及電氣性質比較。

樣品編號 添加比例(phr)	1	2	3	4	5	6	7
CB (Carbon black)	6	6.5	7	×	6	6.5	7
CNT (Carbon nanotube)	1	1.5	×	2.5	1	1.5	×
POE-g-MA/PE-g-MA	×	×	×	×	5	5	5
測試結果							
表面電阻 (Ω/\square)	$10^{11}\sim 10^{12}$	10^{10}	10^{12}	$10^{11}\sim 10^{12}$	$> 10^{12}$	$> 10^{12}$	$> 10^{12}$

根據塑譜儀混練測試結果發現，添加相容劑 POE-g-MA/PE-g-MA 之樣品如 5、6、7 之表面電阻值有明顯變差的情形，此結果與預測的結果相反，推斷有可能以基材為『海』，相容劑為『島』，而碳管或導電碳黑有可能聚集在『島』的旁邊，而影響原本分散的導電通路，因此導電電阻明顯變差，此結果也有詢問，國外奈米碳管專家，認為是這種因素造成。

樣品編號 添加比例(phr)	8	9	10	11	12	13	14
mCB (modified CB)	6	6.5	7	×	6	6.5	7
mCNT (modified CNT)	1	1.5	×	2.5	1	1.5	×
POE-g-MA/PE-g-MA	×	×	×	×	5	5	5
測試結果							
表面電阻 (Ω/\square)	$10^6\sim 10^7$	10^5	10^6	$10^7\sim 10^8$	$10^{10}\sim 10^{11}$	$10^{10}\sim 10^{11}$	$10^{10}\sim 10^{11}$

以 MA 或 VT MOS 改質碳管及導電碳黑 (樣品 8~11)，與未改質碳管及導電碳黑 (樣品 1~4)，表面電阻有明顯下降的趨勢，可證明改質的效果，但是改質需要製程的放大才能提供將來的量產所需，此外成本的考量也是同等重要，因此，放大實驗將朝未改質的方向，以碳管與導電碳黑最佳複合配比進行實驗，以符合經濟效益。

4.力拿或萬馬力機或雙螺桿押出機造粒（導電母粒）：

建立力拿或萬馬力機或雙螺桿押出機導電母粒最適化條件，包括導電母粒中碳材添加比例可達 18% 以上。

利用雙螺桿押出機進行 LDPE、導電碳黑、添加劑與 LDPE、奈米碳管、添加劑，依比例秤量所需的重量（Loss in weight 下料方式），進行混練及造粒工作，雙螺桿押出機溫度設定為 140~190℃，轉速設定為 700rpm。導電母粒中導電碳材添加比例可達 20% 以上（最高達 23%），奈米碳管母粒可達 5% 以上。符合技術指標。



雙螺桿押出模頭



Loss in weight 失重式下料機



含 20% 碳材母粒



第一段至第八段溫度設定



第九段及第十段溫度設定



螺桿轉速設定

5.一次發泡製程研究 & 材料特性分析：

建立一次模壓發泡製程的發泡溫度與時間最適化條件，發泡密度可控制在 0.1 g/cm³ 以下。

雙滾輪溫度設定：110℃。

模壓發泡溫度設定：145~160℃，時間 30 分鐘。

發泡狀況良好，測試結果如下：

測試項目	目標值	測試值（一次發泡）		
		8%	10%	12%
密度 (g/cm ³)	0.1 以下	0.083	0.087	0.09

硬度 (Asker C)	60 以下	42	45	52
拉伸強度 (kgf/cm ²)	2.5 以上	7.88	8.01	7.78
延伸率 (%)	120 以上	208	188	121
壓縮永久變形率 (%)	6 以下	3.6	4.3	5.8
25%壓縮應力 (kgf/cm ²)	1 以上	1.24	1.59	2.01
表面電阻 (Ω/sq.)	10 ¹¹ 以下	10 ¹⁰ ~10 ¹¹	10 ⁸	10 ⁵

註：導電碳黑：奈米碳管=6.5：1.5



雙滾輪混練機



一次發泡樣品



二次發泡樣品

6.二次發泡製程研究 & 材料特性分析：

建立二次模壓發泡製程的發泡溫度與時間最適化條件，發泡密度可控制在 0.05 g/cm³以下。

模壓發泡溫度設定：165~180°C，時間 15 分鐘，常溫冷卻 5 分鐘。

發泡狀況良好，測試結果如下：

測試項目	目標值	測試值 (二次發泡)		
		8%	10%	12%
密度 (g/cm ³)	0.05 以下	0.045	0.046	0.048
硬度 (Asker C)	30 以下	25	25	29
拉伸強度 (kgf/cm ²)	1.5 以上	3.25	2.84	2.11
延伸率 (%)	50 以上	239	155	84
壓縮永久變形率 (%)	10 以下	6.8	7.8	9.7
25%壓縮應力 (kgf/cm ²)	0.2 以上	1.09	1.13	1.14
表面電阻 (Ω/sq.)	10 ⁶ ~10 ⁹ 以下	10 ¹⁰	10 ⁸	10 ⁶

註：導電碳黑：奈米碳管=6.5：1.5



拉伸試驗機



壓縮應力測試



壓縮永久變形率測試



Asker C 硬度測試



壓縮應力顯示



壓縮應力及永久變形率試片

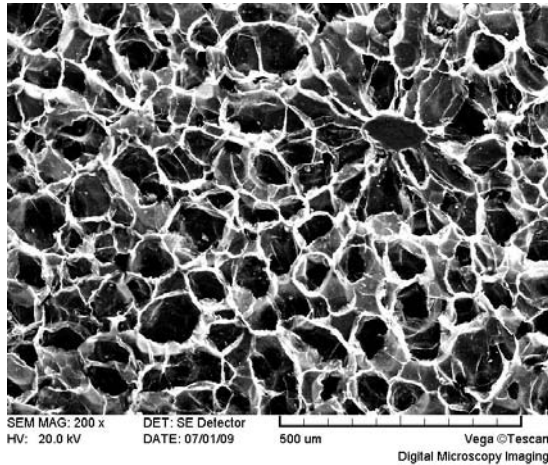
7 量產產品試作 & 材料特性分析：

建立量產二次模壓發泡製程的發泡溫度與時間最適化條件，發泡密度可控制在 0.05 g/cm³ 以下。

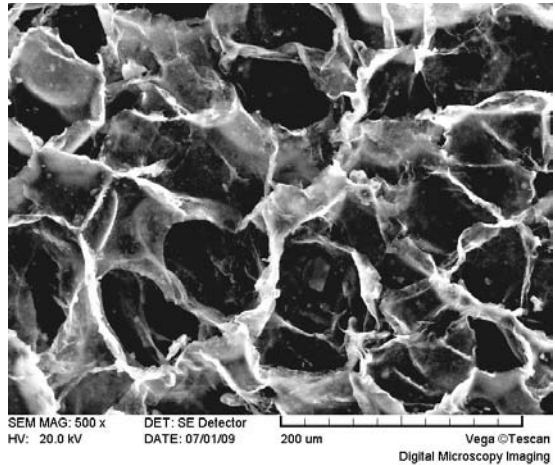
模壓發泡溫度設定：170~185°C，時間 18 分鐘，常溫冷卻 10 分鐘。

發泡狀況良好，測試結果如下：

測試項目	目標值	測試值 (二次發泡)
		10%
密度 (g/cm ³)	0.05 以下	0.047
硬度 (Asker C)	30 以下	26
拉伸強度 (kgf/cm ²)	1.5 以上	2.47
延伸率 (%)	50 以上	120
壓縮永久變形率 (%)	10 以下	8.1
25%壓縮應力 (kgf/cm ²)	0.2 以上	1.12
表面電阻 (Ω/sq.)	10 ⁶ ~10 ⁹ 以下	10 ⁷



12%複合導電碳材 SEM×200 倍



12%複合導電碳材 SEM×500 倍

由 SEM 200 及 500 倍碳材及樹脂界面分析中發現，碳材均勻分佈且碳材表面被樹脂包覆，此均勻分佈造成較佳的導電通路。



完成二次發泡量產產品的尺寸可達長×寬×厚= 2000 × 1000 × 55mm，產品扭轉不會有碳黑掉落的問題，製品表面無損傷及變形的量產產品（如上圖）。

分項計畫二： LED 基板之超薄、高熱導介電層材料開發

(一)開發內容

本計畫擬評估開發新型之 LED 用金屬核心基板之超薄、高熱導介電層材料，利用導熱粉體表面改質技術以及新型改質樹脂，以溶膠-凝膠法加以界面鍵結，配合獨有之分散及塗佈技術，完成材料配方及加工製程的開發，以利未來對於高功率高亮度之 LED 的散熱設計。

(二)研究成果

1. 環氧樹脂改質之FT-IR鑑定分析

為了增進環氧樹脂與無機相之間的相容性，有必要對於環氧樹脂進行改質，在本研究中我們利用偶合劑中特有的官能基（NCO）與DGEBA型環氧樹脂氫氧官能基（OH）進行反應，產生Urethane鍵結，使得DGEBA型環氧樹脂主鏈上具備有適當官能基進行溶膠凝膠反應，以便於有機相與無機相中建立起共價鍵的鍵結，為了瞭解環氧樹脂與偶合劑（coupling agent）3-Isocyanatopropyltriethoxysilane（簡稱IPTS）之間反應的情形，以FTIR監測NCO官能基的變化情形，圖 6 為環氧樹脂與偶合劑IPTS反應之FTIR圖譜，由圖中可看出NCO官能基 2270cm^{-1} 隨時間變化的情形，由反應開始至反應時間 4 小時後NCO官能基 2270cm^{-1} 完全消失，此現象表示環氧樹脂已與偶合劑IPTS進行反應。

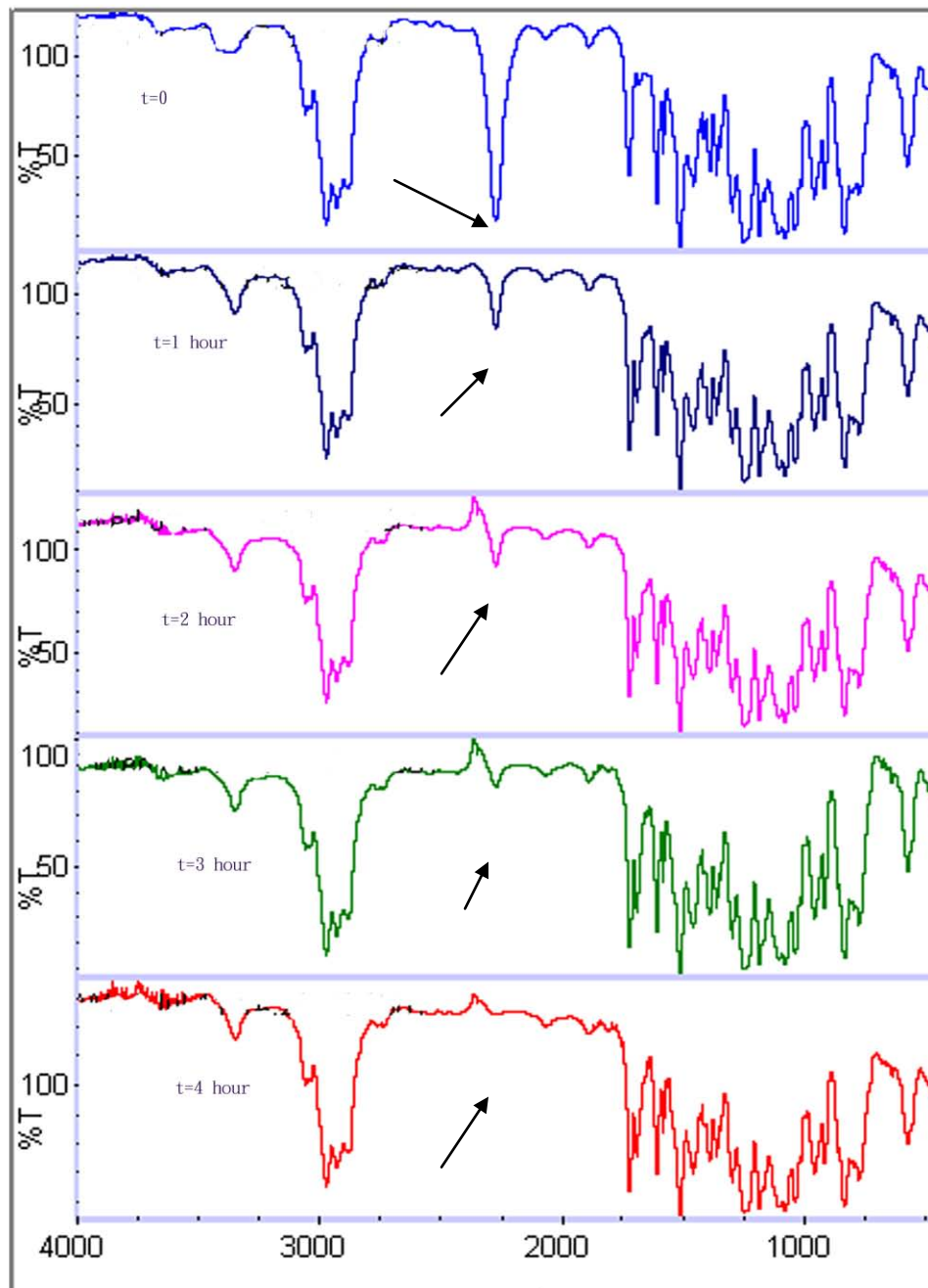


圖 6 環氧樹脂和 3-isocyanatopropyltriethoxysilane 隨反應時間的 FT-IR 光譜變化

2 粉末改質之FT-IR鑑定分析

氧化鋁表面之-OH 基團與偶合劑會有物理吸附或化學鍵結的能力，所以經噴霧改質及乾燥處理後，可以在改質粉末上發現偶合劑之特性官能基。如圖 7 所示，經鈦系偶合劑 CA108 改質後，氧化鋁除了自身之官能基外，還有 isopropyl octyl butyl pyrophosphatotitante 相關之特性官能基團出現，代表改質官能基已經與氧化鋁粉末作鍵結。而鍍系偶合劑也有相同的現象，如圖 8 所示。

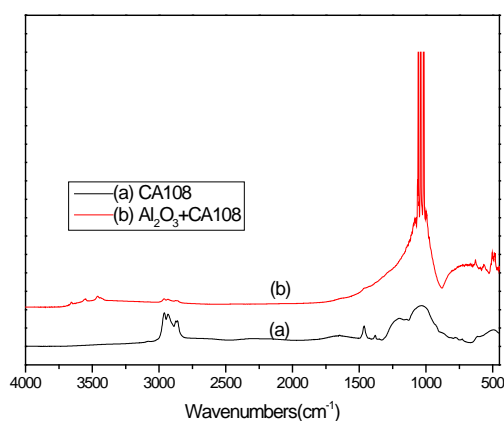


圖 7 偶合劑 CA108(a)與經偶合劑改質之氧化鋁(b)的 FT-IR 圖

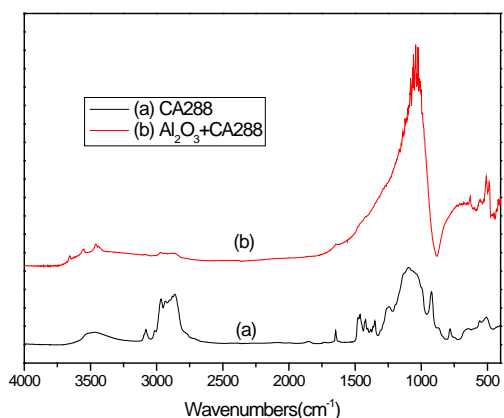


圖 8 偶合劑 CA288(a)與經偶合劑改質之氧化鋁(b)的 FT-IR 圖

3 環氧樹脂之DSC特性分析

3.1 氧化鋁添加量對最大放熱溫度的影響

純環氧樹脂及添加氧化鋁之環氧樹脂複合材料之 DSC 如圖 9 所示。由數據可知，氧化鋁添加量的增加，會提昇環氧樹脂之熱硬化的最大放熱溫度。當改質粉

末的含量由 0wt% 增加至 60wt% 時，最大熱硬化溫度由 167°C 提昇至 173°C，這可能與氧化鋁表面之官能基的化學反應有關。

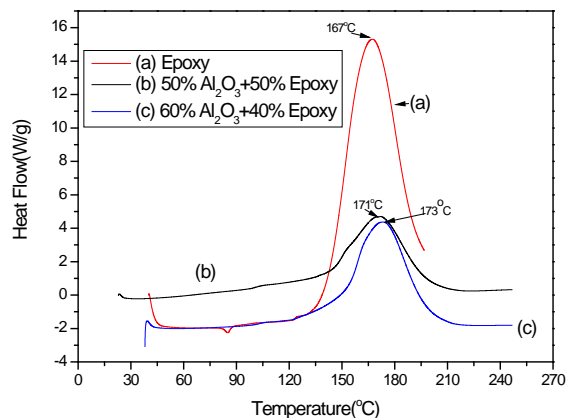


圖 9 不同氧化鋁含量下的 DSC 放熱曲線圖

3.2 環氧樹脂改質與未改質之放熱特性分析

如圖 10 所示，使用環氧樹脂 E 加硬化劑比較改質與未改質之環氧樹脂熱硬化之放熱曲線圖，可以發現改質之環氧樹脂有較高之最大放熱溫度，顯示改質之環氧樹脂側邊接枝之官能基會影響到本身之硬化反應，溫度由由 167°C 提昇至 169°C。

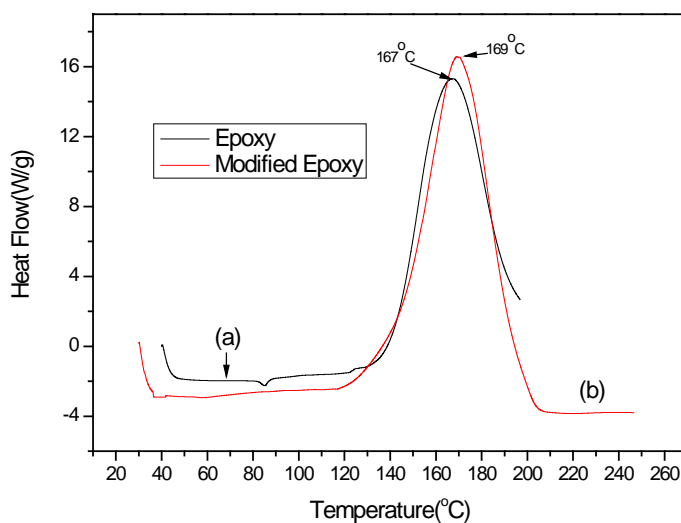


圖 10 改質與未改質環氧樹脂之 DSC 圖比較

3.3 改質環氧樹脂之熱硬化時間分析

在 170°C 恆溫下，作改質環氧樹脂之完全放熱時間分析，發現在此溫度下，10 分鐘內環氧樹脂之熱硬化反應會完成，可以由此尋找最適化之加工條件，如圖 11 所示。

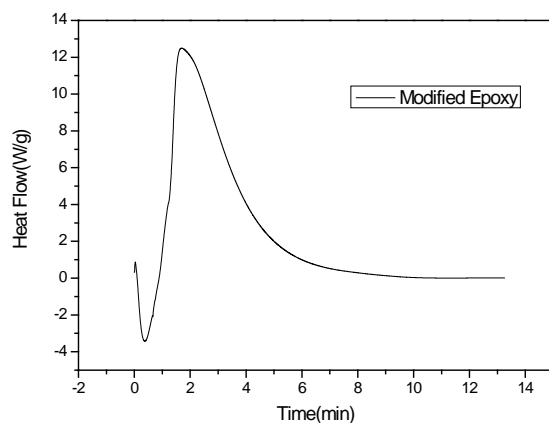


圖 11 改質環氧樹脂在 170°C 恆溫下之放熱曲線圖

3.4 改質環氧樹脂加改質氧化鋁粉之放熱特性分析

如圖 12 所示，改質環氧樹脂加改質後 Al_2O_3 30wt% 及 50wt% 之放熱曲線圖，可以發現隨著改質導熱粉的含量增加，混合改質樹脂之最大放熱溫度由 171°C 提昇至 175°C，顯示改質之環氧樹脂側邊接枝之官能基和粉體改質官能基已影響到本身之硬化反應。

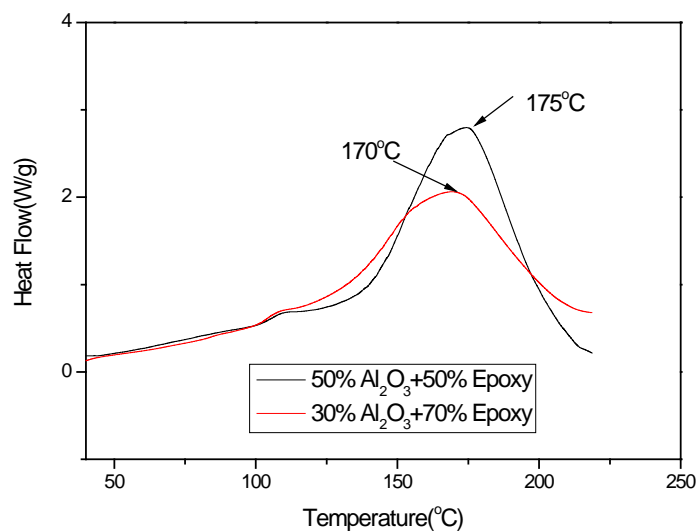


圖 12 環氧樹脂 loading 30wt% 及 50wt% Al_2O_3 改質樹脂放熱時間熱重分析結果

4 塗佈製程探討

使用網版手印臺，網目數使用 150 目數，70 度硬度的刮膠印刷，將配置好的膠印刷至鋁基板上，將印刷好的膠片和鋁板進烘箱 120°C 預烤 30Min，再將銅箔放在上面做熱壓。添加 30、50、60wt% 的粉體隨著添加量增加黏度增加，不管有沒有作處理皆為相同現象，當增加至 70wt% 的粉體時無法做印刷塗佈。膜厚控制在 70~90 μm ，約 3.5 mil，比一般市售的膠片要薄，公差 20 μm 以下，顯示以網版印刷方法可以製作鋁基板。

為模擬鋁基板與銅箔使用環氧樹脂導熱膏在不同溫度下黏著貼合的情形，本研究使用 plate-and-plate 動態黏度測定儀(型號：MC-100)測量含導熱粉末之環氧樹脂膏的動態黏度，在 shear rate 為 0.5 1/s 的條件下，測量含量低於 60wt% 的導熱膏，所得之黏度變化如下圖所示。由圖 13 可以發現在溫度超過 180 度之後，環氧樹脂膏的黏度才開始有劇烈的變化，代表樹脂硬化反應的產生，而在常溫至 180 度之前，導熱膏的黏度皆在 6000 PaS 以下跳動變化，甚至在供應商建議 150°C 烘烤溫度之前，導熱膏的黏度皆在 2000PaS 以下，儀器不容易精確測量，可以判定在一般加工過程中，需在至少 150°C 以上溫度處理過後，材料才有基本的支撐黏度可以進行貼合加工。

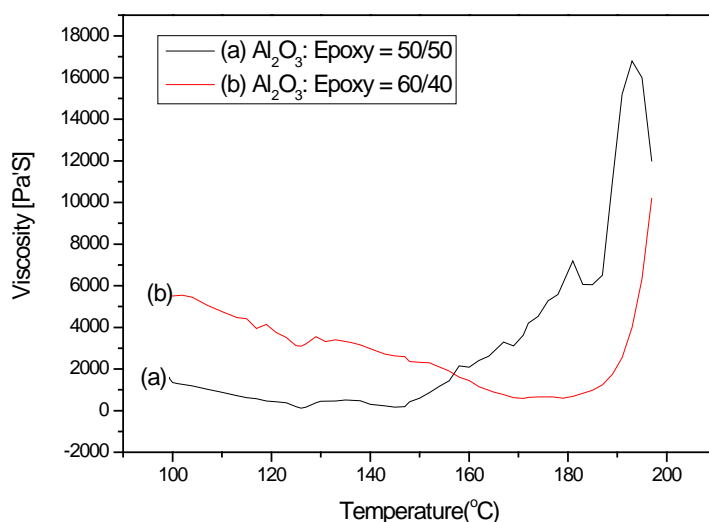


圖 13 不同導熱粉含量之環氧樹脂在不同溫度下之動態黏度變化圖

5 導熱值測試

利用簡單元件結構(如圖 14)來解釋如何評估整體元件界面間之總接觸阻值。

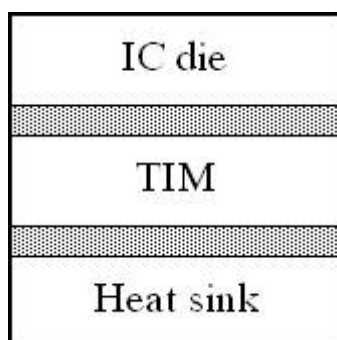


圖 14 簡單元件結構

由圖 14 可知，最簡單、最短之途徑為由 IC die 沿著 Z 軸往 heat sink 方向傳遞，假設熱界面材料 (TIM) 之厚度相當薄且均勻，其熱傳導模式為一維方式傳遞。由於熱阻值非材料之特性，因此須針對個別元件加以量測，故整體元件界面間之總接觸阻值可以下列式子表示：

$$R_{total} = R_{IC\ die} + R_{interface} + R_{heat\ sink} \quad (1)$$

而界面阻值部分是由兩個接觸界面阻值加上界面材料之本質阻值，因此

$$R_{interface} = R_{IC\ die\ contact} + R_{TIM} + R_{heat\ sink\ contact} \quad (2)$$

而在單軸熱傳導關係中，熱阻值與元件之幾何形狀及界面材料厚度有關，因此元件熱阻值 $R = t / (k * A)$ ，其單位為 K/W。故式 (2) 可以表示成式 (3)。

$$R_{interface} = 2R_{contact} + t / (k_{TIM} * A) \quad (3)$$

t 為材料之厚度 (m)、 A 為接觸面積 (m^2) 及 k 為界面材料 (TIM) 之熱傳導值 ($W/m * K$)。

因此，整體元件界面間之總接觸阻值可以下列式 (4) 表示：

$$R_{total} = t / (k_{IC\ die} * A) + 2R_{contact} + t / (k_{TIM} * A) + t / (k_{heat\ sink} * A) \quad (4)$$

一般而言，當熱量通過界面材料時，其傳遞熱量 Q 可以式 (5) 表示之：

$$Q = k * A * (T_{IC\ die} - T_{heat\ sink}) / t \quad (5)$$

t 為材料之厚度 (m)、 A 為接觸面積 (m^2)、 $T_{IC\ die}$ 及 $T_{heat\ sink}$ 分別為 IC die 和 heat sink 之表面溫度、 k 為界面材料之熱傳導值 ($W/m * K$)。

因此先利用式(2)將鋁板和銅箔的阻值扣除，再利用式(4)及式(5)計算材料之熱傳導值及熱阻值，作為實驗數據的參考。

由表2結果發現，經由耦合劑處理環氧樹脂加上表面處理的粉末，在不同粉體比例下其熱阻值比沒有過處理的樹脂明顯降低。經過處理的樹脂可以降低阻值，但不會隨著粉體的添加量增加而繼續降低。沒有經過處理的樹脂會隨著粉末的添加量增加熱阻值降低，但添加量增加其黏度過高無法塗佈。將熱阻值轉換成導熱係數做比較，如表2，經過處理的樹脂和粉體只要 Loading 30wt%，即可以提升2~3倍的導熱值，依量產角度而言，粉末成本較樹脂成本高出許多，樹脂經處理後明顯符合經濟效益。

表2 環氧樹脂和粉體耦合劑處理和沒有處理的樹脂和粉體(a)熱阻值比較 (b)導熱係數比較

Resin	Treatment	Powder	Loading (wt%)	Treatment	R (C/W)	k (W/m K)
NPEL-128E	Treatment	x	0		0.320	1.191
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	30	Treatment	0.054	5.073
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	50	Treatment	0.059	5.303
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	60	Treatment	0.043	6.118
NPEL-128E	x	x	0		0.438	0.382
NPEL-128E	x	Al ₂ O ₃	30	x	0.252	0.307
NPEL-128E	x	Al ₂ O ₃	60	x	0.091	2.515

表3為環氧樹脂或粉體經過耦合劑處理，比較有經耦合劑處理粉末和沒有經耦合劑處理的粉末，在不同粉體固含量比例下其熱阻值變化狀況，同樣可以發現當添加30wt%的氧化鋁粉可以明顯降低熱阻值，但隨著粉體的添加量增加時，熱阻值降低的趨勢趨緩。將熱阻值轉換成導熱係數做比較，在粉體 Loading 30wt%時有處理的粉末比沒有處理的粉末，可以提升3倍的導熱值。

表3 環氧樹脂或粉體經過耦合劑處理:(a)熱阻值比較 (b)導熱係數比較

Resin	Treatment	Powder	Loading (wt%)	Treatment	R (C/W)	k (W/m K)
NPEL-128E	Treatment	x	0		0.320	1.191
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	30	x	0.096	1.410
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	50	x	0.081	1.150
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	60	x	0.119	1.915
NPEL-128E	x	x	0		0.438	0.382
NPEL-128E	x	Al ₂ O ₃	30	Treatment	0.472	0.197
NPEL-128E	x	Al ₂ O ₃	50	Treatment	0.214	0.043

環氧樹脂經過耦合劑處理和沒有處理的環氧樹脂，加入有耦合劑處理粉體，其在熱阻值上表現的差異。樹脂沒有耦合劑表面處理，需要添加粉體比例在 50wt% 以上其熱阻值才會明顯降低。將熱阻值轉換成導熱係數做比較，在粉體 Loading 30wt%時沒有經過耦合劑處理的樹脂比經過耦合劑處理的樹脂，其導熱值明顯低了很多。由結果觀察最佳配方為樹脂和粉體經過耦合劑處理，可以明顯增加導熱效果。

表 4 單液型樹脂和經耦合劑處理之不同粉體:(a)熱阻值比較 (b)導熱係數比較

Resin	Treatment	Powder	Loading (wt%)	Treatment	R (C/W)	k (W/m K)
E-2200L	x	x			0.326	0.547
E-2200L	x	Al ₂ O ₃	60	Treatment	0.035	1.188
E-2200L	x	AlN	60	Treatment	0.175	1.702
E-2200L	x	Al	60	Treatment	0.074	1.426
E-2200L	x	ZnO	60	Treatment	0.103	1.410
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	60	Treatment	0.043	6.118

表 4 為使用單液型樹脂和環氧樹脂比較樹脂對熱阻值的變化。單液型樹脂加入經耦合處理氧化鋁、氧化氮、鋁粉和氧化鋅的粉體 60wt%，實驗結果以氧化鋁對導熱係數提升效果最明顯，這和原料的導熱係數明顯不同，可見表面處理已經明顯改變原料本身的物性，推測可能造成的原因是此次實驗選擇的耦合劑對於氧化鋁的表面鍵結有較明顯的改善，其他粉體可能因為表面特性不同無法顯現其較優勢的特性。

表 5 此計劃有處理的配方和業界 (a)熱阻值比較 (b)導熱係數比較

Resin	Treatment	Powder	Loading (wt%)	Treatment	R (C/W)	k (W/m K)
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	60	Treatment	0.043	6.118
E-2200L	x	Al ₂ O ₃	60	Treatment	0.035	1.188
Bergquist					0.111	2.081

表 5 為環氧樹脂和氧化鋁粉末經耦合劑處理和 Bergquist TCP-1000 比較，此次計畫中最佳條件環氧樹脂和氧化鋁粉末經耦合劑處理所得熱阻值明顯比其他要好，導熱係數明顯比 Bergquist TCP-1000 高出 3 倍的導熱係數。

A6 耐電壓測試

比較經由耦合劑處理環氧樹脂、沒有處理的樹脂和允德單液型樹脂，在不同厚度下其耐電壓狀況，從圖 15 中可發現，樹脂經過耦合處理後其耐電壓降低，推估在相同厚度兩者之耐電壓約下降 30%，單液型樹脂其耐電壓也明顯較低於環氧樹脂。

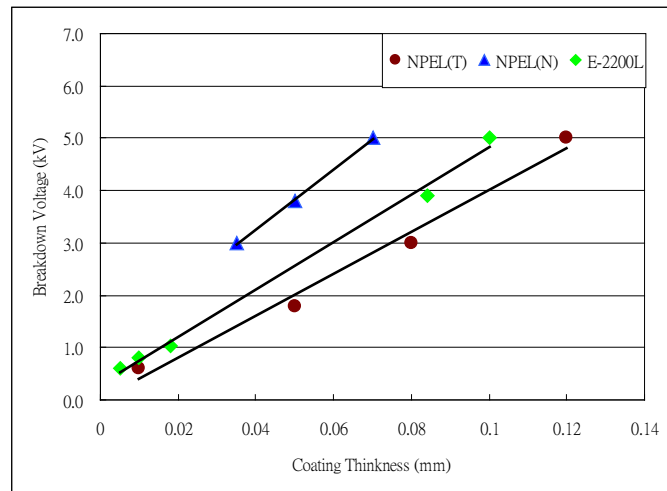


圖 15 環氧樹脂和單液型樹脂不同厚度對耐電壓變化狀況

如圖 16 所示，比較經由耦合劑處理環氧樹脂和粉末其耐電壓強度，在不同粉體比例下，樹脂經過耦合處理後其耐電壓降低。

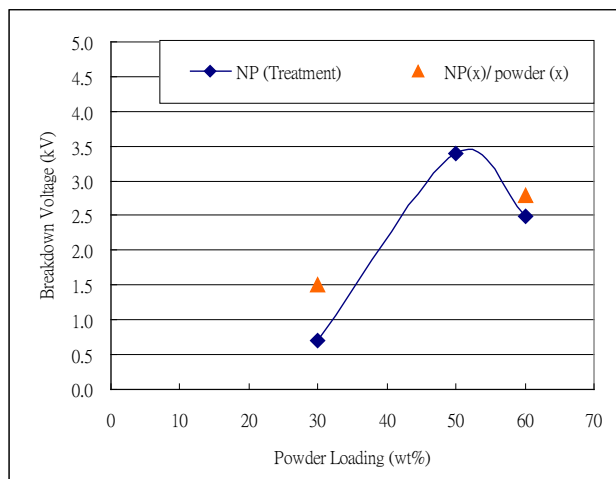


圖 16 環氧樹脂和粉體經處理耐電壓變化狀況

A7 拉力測試 Peel Strength

使用經由耦合劑處理環氧樹脂，與添加表面耦合處理的氧化鋁在 30wt%、50wt%、60wt% 不同比例壓合好的板材，裁切出 1 英吋寬的板子，長約 10 公分，使用拉力計固定板子和銅箔呈 T 狀，撕起表面銅箔所需要的力量。圖 17、環氧樹脂和 Al₂O₃ 粉末各條件接合對拉力強度的變化狀況由數據可知，單一處理樹脂或是粉體時，Peel 強度隨著添加粉體拉力下降，而同時處理樹脂和粉體或都不處理時，Peel 強度隨著添加粉體拉力上升，但是添加量增加到 60wt% 時拉力強度則迅速下降。

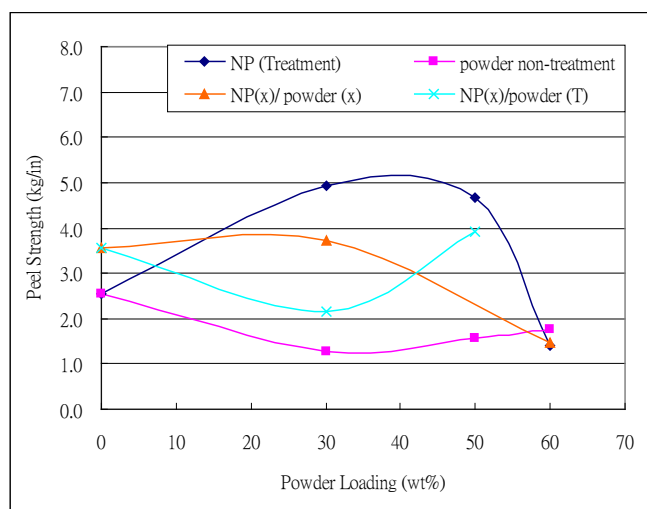


圖 17 環氧樹脂和 Al₂O₃ 粉末各條件接合對拉力強度的變化狀況

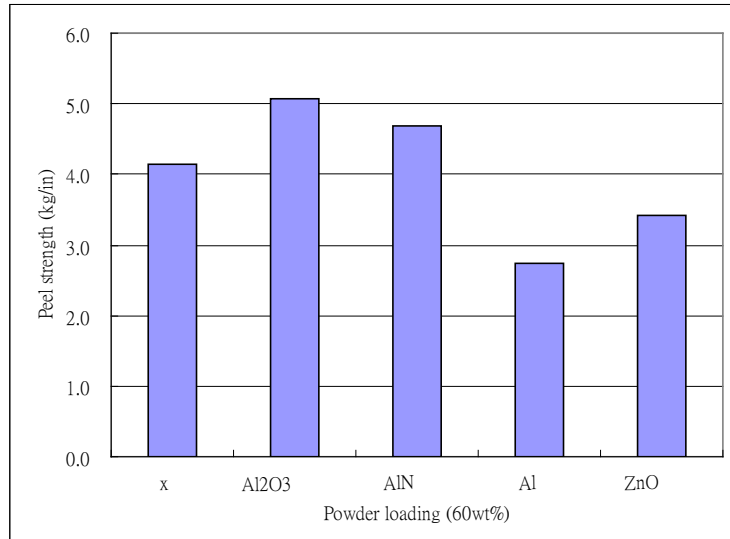


圖 18 單液型樹脂和各種表面處理粉末對拉力強度的變化狀況

採用單液型樹脂加入經耦合處理的粉體，由圖 18 可知，氧化鋁、氧化氮可以提升樹脂對鋁板的拉力，而鋁粉和氧化鋅則會降低樹脂對鋁板的拉力。

8 耐溫測試

使用經由耦合劑處理環氧樹脂，與添加表面耦合處理的氧化鋁在 30wt%、50wt%、60wt% 不同比例下攪拌處理，再經三軸滾筒後塗佈在鋁板上熱壓。壓合好的板材，裁切出 1 英吋寬的板子，長約 10 公分，使用高溫錫爐設定為 280°C，將板子置入錫液中，10 秒後取出放置冷卻，再撕表面銅箔確認是否可以撕起。由表 6 可知，單一處理樹脂或是粉體時，對於基板的耐高溫狀況並不佳，如果同時耦合處理樹脂或粉末時，對於耐溫效果則有顯著幫助。而從表 7 中明顯發現於樹脂中添加氧化鋁粉體，可以明顯提昇膠材的耐溫效果。

表 6 單一環氧樹脂改質或 Al₂O₃ 粉末改質 280°C/10sec 和基材接合狀況

Resin	Treatment	Powder	Loading (wt%)	Treatment	(280°C /10s)
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	30	x	NG
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	50	x	NG
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	60	x	NG
NPEL-128E	x	Al ₂ O ₃	30	Treatment	NG
NPEL-128E	x	Al ₂ O ₃	50	Treatment	NG

表 7 環氧樹脂改質和 Al₂O₃ 粉末改質 280°C/10sec 和基材接合狀況

Resin	Treatment	Powder	Loading (wt%)	Treatment	(280°C /10s)
NPEL-128E	Treatment	x	x		NG
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	30	Treatment	ok
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	50	Treatment	ok
NPEL-128E	Treatment	Al ₂ O ₃	60	Treatment	ok
NPEL-128E	x	x			NG
NPEL-128E	x	Al ₂ O ₃	30	x	ok
NPEL-128E	x	Al ₂ O ₃	60	x	ok

採用市售的單液型樹脂加入經耦合處理的粉體，由表 8 可知，單一處理不同粉體如氧化鋁、氧化氮、鋁粉和氧化鋅時，對於基板的耐高溫狀況良好。

表 8 以單液型樹脂和改質粉末經 280°C/10sec 和基材接合狀況

Resin	Treatment	Powder	Loading (wt%)	Treatment	(280°C /10s)
E-2200L	x	x			ok
E-2200L	x	Al ₂ O ₃	60	Treatment	ok
E-2200L	x	AlN	60	Treatment	ok
E-2200L	x	Al	60	Treatment	ok
E-2200L	x	ZnO	60	Treatment	ok

9 塗佈表面顯微鏡觀察

比較環氧樹脂經由耦合劑處理和沒有處理的，在光學顯微鏡底下觀察表面狀況，發現沒有經過耦合劑處理的表面較不光滑平整，處理過的表面較平整，如圖 19 所示。

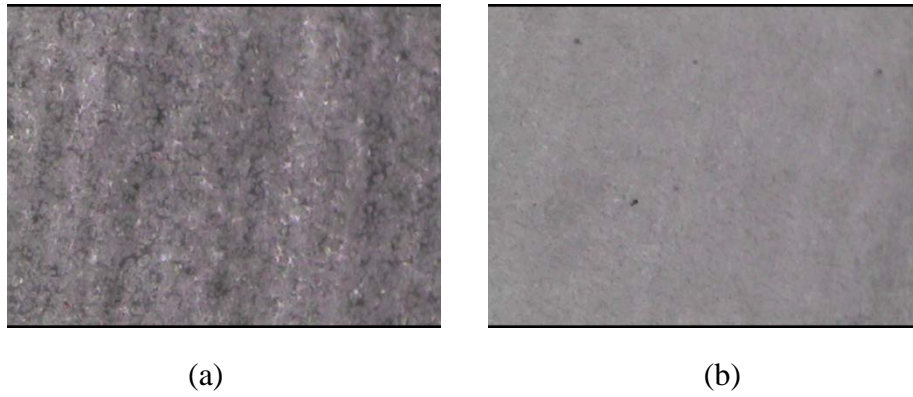


圖 19 (a)環氧樹脂沒有表面處理(b)環氧樹脂處理 OM 表面狀況

比較環氧樹脂經由耦合劑處理和沒有處理的，在電子顯微鏡底下觀察表面狀況，發現沒有經過耦合劑處理的表面細孔很多，經過耦合劑處理的顯示有如樹枝狀的交錯，顯示處理過鍵結方式以明顯改變，如圖 20 所示。

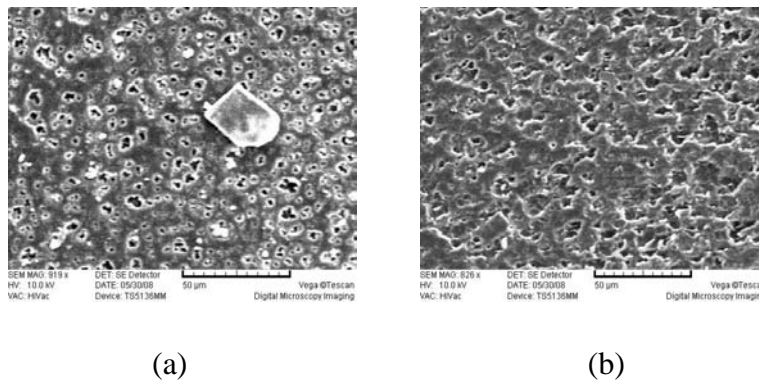


圖 20 (a)環氧樹脂沒有表面處理(b)環氧樹脂處理 SEM 表面狀況

觀察環氧樹脂和表面有經耦合劑處理的 Al_2O_3 粉末 30wt%，和樹脂和粉末都沒有處理的條件，在光學顯微鏡底下觀察表面狀況，發現經過耦合劑處理的表面較不光滑平整，沒處理過的表面較平整，但是有許多針孔，如圖 21 所示。

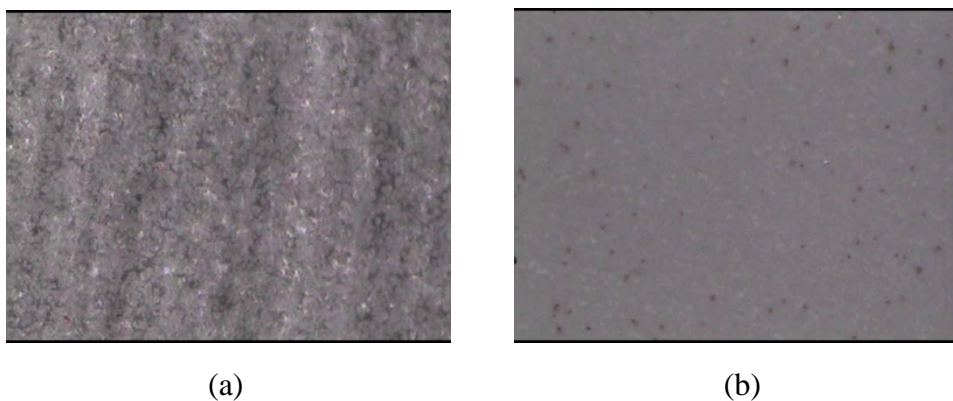


圖 21 環氧樹脂和 Al_2O_3 粉末 30wt% (a)表面處理(b)表面沒有處理 OM 表面狀況

比較環氧樹脂和表面有經耦合劑處理的 Al_2O_3 粉末 30wt% 和樹脂和粉末都沒有處理的條件，在電子顯微鏡底下觀察表面狀況，發現經過耦合劑處理的表面細孔很多，有如樹枝狀的交錯，而沒有經過處理的表面狀況則明顯有許多斷裂點，推測雖然局部的面積結合完整，但是此空孔的範圍較大阻斷熱的傳遞路徑，因此在先前的導熱測試值明顯比處理過的低了一半，如圖 22 所示。

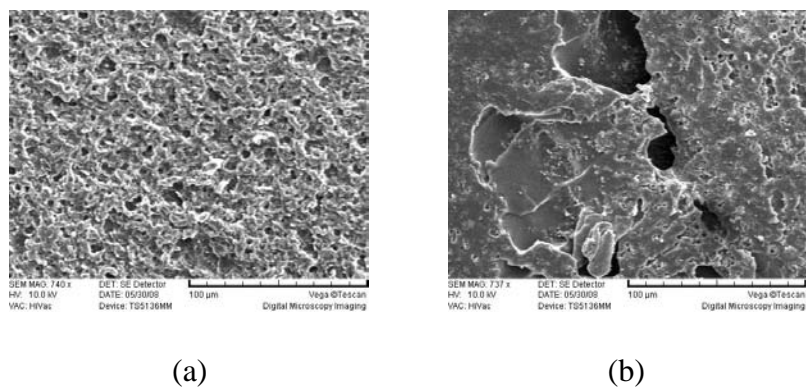


圖 22 環氧樹脂和 Al_2O_3 粉末 30wt% (a)表面處理(b)表面無處理 SEM 表面狀況

(三)結論

1. 以環氧樹脂與無機材料相互之間的相容性，對環氧樹脂進行改質，以及氧化鋁經鈦系偶合劑 CA108 改質後，導熱係數明顯比 Begquist TCP-1000 高出 3 倍多，本研究 Loading30wt%以上的氧化鋁粉可以符合目標需求 $\geq 3\text{W/mK}$ ，本案達到計畫最關鍵之預定導熱目標。
2. 經由偶合劑處理環氧樹脂和粉末其耐電壓強度比沒有經過偶合處理的原料，耐電壓值降低。隨著氧化鋁粉Loading30wt%耐電壓 $\sim 0.7\text{kV}_{\text{DC}}$ 當 Loading50wt%氧化鋁粉時可以達到 $>3\text{kV}_{\text{DC}}$ 要求，但是增加至 60wt%時則耐電壓會降低至 2.5kV_{DC} ，本案達到計畫之目標。
3. 製作的鋁基板因為需要銲接 LED 或其他主被動元件，尤其目前採用無鉛錫膏在迴銲爐中最高溫度需要 $260^{\circ}\text{C}/1$ 分鐘以上，因此訂定 $280^{\circ}\text{C}/10$ 秒以檢驗基板。由結果可知，單一處理樹脂或是粉體時，對於基板的耐高溫狀況並不佳，如果同時偶合處理樹脂或粉末時，對於耐溫效果則有顯著幫助。而數據中明顯發現於樹脂中添加氧化鋁粉體，可以明顯提昇膠材的耐溫效果。本計劃結果可以通過 $280^{\circ}\text{C}/10$ 秒檢驗標準。
4. 拉力測試目的為確保銅箔和鋁板之間的結合力夠強，本實驗中發現 Loading 增加至 60wt%的氧化鋁粉時，結合力會迅速降低，當 Loading30~50wt%的氧化鋁粉可以符合目標需求 $\geq 3\text{kg/in}$ ，達到本計畫之目標。
5. 綜觀導熱係數、耐電壓、耐溫及拉力強度等參數考量，本先期評估案成功找出介面處理環氧樹脂及粉體的系統（以氧化鋁 50wt%為例）可以達到並超出本案之目標。

分項計畫三：改質 PET 收縮膜之吹膜製程開發

(一)、開發內容

目前國內外尚未有改質 PET 收縮膜吹膜製程的產品出現。而目前市面上所使用的標籤產品絕大部分材質為 PVC，此材料目前已被環保署所禁用，歐盟也已禁用 PVC，所以目前替代的材質則有 PLA、PETG、OPS 但其製程都是平膜生產成型法所生產出來，所以生產成本高，替代的材質收縮膜成品自然價格貴，市場接受度及佔有率就會不高。本計畫創新重點在整合國內上、中、下游開發出平價的 PET 收縮膜吹膜材料、設備、加工製程等更是國內外創新之舉，更具有環保性可以與寶特瓶一起回收，免除與瓶體剝離的程序降低回收的成本，且符合國際環保需求更具有價格及成本的競爭力。因此，本計畫開發改質 PET 收縮膜吹膜成型法來降低生產成本，提高改質 PET 收縮膜的競爭力及市場的接受度，相信很快的會被國內外市場所接受。

主要規格	PET吹膜收縮膜	PLA平膜收縮膜	OPS收縮膜	PETG收縮膜	PVC收縮膜
1. 模頭型式	管膜	T-DIE	T-DIE	T-DIE	管膜
2. 技術來源	自行開發	自行開發	國外	國外	國內
3. 產品技術層次	高	高	中	高	低
4. 生產製造	國內生產	國內試生產	國外生產	國外生產	國內生產
5. 製造成本	低	高	高	高	低
6. 環保性	高	高	中	高	低
7. 生物分解性	低	高	低	低	低
8. 成型加工性	中	佳	佳	佳	佳
9. 產品品質	中	高	高	高	低

(二)、研究成果

1. 在 PET 改質相關文獻專利收集、整理資料建立方面，完成收集相關 PET 改質文獻專利資料，在文獻資料直接相關方面計七篇有：熱收縮聚酯薄膜性能的研究、熱收縮膜用共聚酯的合成研究、環己烷二甲醇改性聚酯及其熱收縮性能研究、熱收縮聚酯薄膜的研製、聚酯熱收縮管材的製造、新型熱收縮薄膜—單向拉伸聚酯熱收縮薄膜、雙向拉伸聚酯薄膜的熱機械分析等。
2. 在 PET 添加劑、改質劑選擇、實驗方面，完成 PET 添加劑及改質劑選擇，改質後的 PET 利用 DSC 分析沒有出現 TC 結晶峰。因為結晶性的 PET 從相關文獻及實驗所知，其收縮率無法大於 40% 不能做成收縮膜，所以改質後的 PET 是不能有 Tc 結晶峰的出現。
3. 在 PET 改質配方設計實驗完成 PET 改質配方，抗黏劑及滑劑濃縮母粒設計實驗各一組，IV 值 0.67 ± 0.1 ，MI 值在溫度 210°C 實驗值為 6 ± 2 ，以初步瑞昇公司所提供的四組配方設計，我們以 190°C 、 210°C 、 230°C 、 250°C 四種溫度測試其 MI，在 210°C 時分別為 5.8、5.5、6.2、6.8 符合計畫規格指標。
4. 在 PET 雙螺桿混練組態設計實驗、測試，完成一組 PET 雙螺桿混練添加劑濃縮母粒組態設計 L/D 比 40:1，單、雙螺桿之添加滑劑及抗黏劑的比例，有一定的最佳比例，因單螺桿所能混合的濃縮比率無法超過 10%，且測試後有發現混練不均勻的情形。因此所添加的滑劑及抗黏劑的比例不適合使用單螺桿，所以母粒的製作選用雙螺桿混練造粒，且高剪切螺桿組態為目前最適螺桿組態。從出模頭拉條的情況及出料口較無殘料滯留的情形判斷，一般剪切螺桿組態出料口較容易出現殘料，而高剪切螺桿組態混練效果較好比較不會出現殘料。
5. 在 PET 改質母粒混練造粒實驗、測試，預估完成一組 PET 抗黏劑濃縮 15% 母粒及滑劑 8% 母粒造粒，收縮膜成型時各母粒稀釋添加量

在 4% 以內，目前瑞昇公司抗黏劑可濃縮成 15%~30%，超過 30% 就無法穩定的造粒，而滑劑濃縮含量則是在 10% 以下，否則造粒時容易在排氣口冒出多餘的滑劑，導致滑劑含量的比率不精確，經後段谷源公司成型測試的結果證明，目前抗黏劑濃縮 15% 及滑劑濃縮 8% 的母粒型態添加抗黏劑 2% 及滑劑 3% 在配方中做成型加工，符合查核點各母粒稀釋添加量在 4% 以內。

6. 在螺桿及押出機 CAD 圖面設計、資料建立方面，完成螺桿、料管組、押出機圖面設計，押出機組組立圖面設計，螺桿及模頭圖面轉委託給遠東科大做相關的模流分析模擬。
7. 在共押出吹膜成型製程圖面設計資料建立方面，完成一組 PET 共押出吹膜成型製程圖面設計，螺桿 $\phi 35 \text{ m/m} \times 2$ ，L/D 比 30:1。
8. 在螺桿、模頭、CAE 模流分析與設計製作方面，完成 PET 螺桿 CAE 案例分析設計，單螺桿 rpm-Q-P 曲線(30MPa 以下)、建立塑料於螺桿內融化曲線。遠東科大模擬分析後發現，螺桿及模頭壓力較大，將會導致不出料及魚眼過多的情形發生，遠東科大將依模擬的結果提出螺桿及模頭建議修改的方向。請參閱附件五 (page54~65)。
9. 在電控系統組、引取機設備組裝測試方面，整合 PET 收縮膜吹膜製程開發，電控及引取系統測試完成，初步測試電控系統誤差控制都在 $\pm 10\%$ 之內。因所使用的引取線速度轉碼器精度都在小數點後一位，所以控制誤差精度都高於所要求之目標值。
10. 在押出成型機組裝測試，完成 PET 收縮膜吹膜製程設備，料管溫控 3 點以上、模頭溫控 1 點以上，溫差 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以內。初期使用的溫控器為一般 ON、OFF 控制，其溫度的控制精度誤差約在 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 左右，為求較精準之控制我們改用 PID 模組之溫度控制器，觀察其設定溫度與實際溫度之誤差則在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
11. 在相關收縮膜專利收集資料建立方面，相關聚酯收縮膜資料建立共計 71 筆，其中包括 US Patent 3 筆、KR Patent 3 筆、EP Patent 2 筆、

WO Patent 1 筆、中華民國專利 62 筆。本計畫之配方研究及加工製程並無侵權之虞。

12. 在改質PET流變測試方面，完成PET剪切率 1000sec^{-1} 以下剪切黏度三個溫度量測，剛開始流變的溫度設定在 190°C 、 210°C 測試時，剪切壓力過大造成流變測試儀起動自我保護停止測試，所以把測試溫度調整至 $210^{\circ}\text{C}\sim 230^{\circ}\text{C}$ ，而到了 240°C 時因材料的流動係數變快，如法取足黏度及剪切數據，所以流變溫度設定以 210°C 、 220°C 、 230°C 做為參數鑑定。
13. 在 PET 滑劑配方設計實驗方面，利用 Brabender 的 Mixer 裝置，將滑劑（不同比例）與塑膠基材（50 g）混練均勻（混練條件：溫度設定 220°C ，轉速 50 rpm，時間 10 分鐘後，經熱壓機 240°C 熱壓 5 分鐘後冷卻，並裁出標準試片，進行動態及靜態摩擦係數測試。目前瑞昇所提供之滑劑濃縮母粒只要稀釋成 0.2% 以上摩擦係數即可控制在 0.4 以下，而光澤度影響較大的則是抗黏劑比率，只要瑞昇提供的抗黏劑母粒稀釋後的抗黏劑含量不超過 1% 其光澤度都能維持在 100 以上。目前完成改質 PET 收縮膜滑劑配方設計，其成型厚度 $0.02\sim 0.04\text{ mm}$ ，光澤度 ASTM 規範 D1003 測試都在 100 以上，摩擦係數 ASTM 規範 D1884 在 0.4 以下。
14. 在 PET 抗黏劑配方設計實驗開發方面，初期最適配方建立。利用塑譜儀小型 Mixer 實驗機制建立改質 PET 所需之抗黏劑及添加比例。PET 收縮膜抗黏劑配方設計，成型厚度 $0.02\sim 0.05\text{ mm}$ 。只要瑞昇提供的抗黏劑母粒添加量不超過 5% 其霧度都能維持在 10 以下。目前收縮膜成型的加工配方成型後依 ASTM 規範 D1003 測試初步測試結果霧度已在 10 以下符合目標所需。
15. 在 PET 收縮膜成型加工實驗方面，PET 收縮膜成型收縮率，在 95°C 熱水 MD5~35%，TD25~55%。目前初步試成型加工原不吃料的情形已有改善，透過螺桿通冷卻水及加強套筒夾套冷卻方式，現在試車

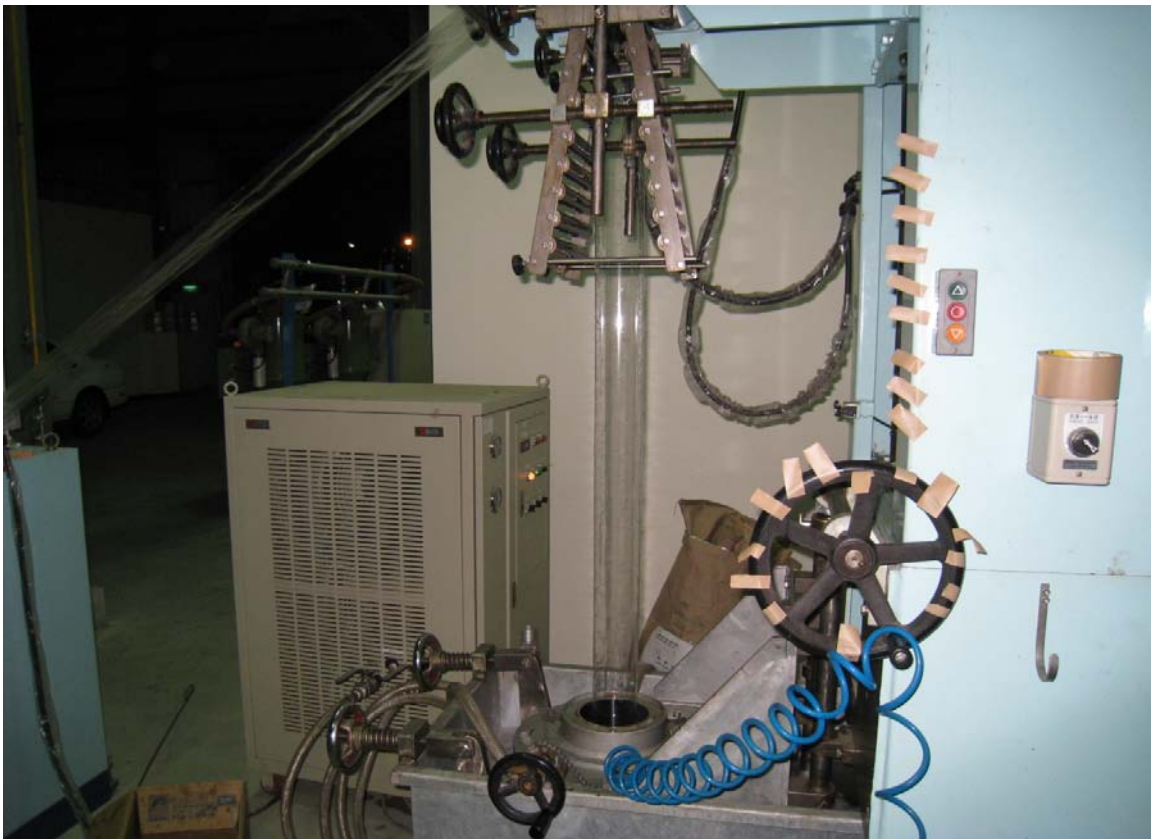
已能較穩定的入料及吹膜加工成型。

16. 在 PET 收縮膜物性檢測分析方面，PET 收縮膜成型薄膜拉伸強度 MD 需達 400 Kg/c m² 以上，TD 需達 420 Kg/c m² 以上（ASTM D882 測試）。目前進度為試吹膜成型加工，已有膜厚較均勻的收縮膜委請相關的物性檢測如下：

測試材料編號	B-PET 5 %	B-PET 10 %	B-PET 15 %	查核點指標	ASTM 檢測標準
流動係數 (Melt Index, g/10min(210 °C/2.16K))	5.5±0.2	5.8±0.3	6.2±0.2	6±2	D1238
靜摩擦係數	0.324	0.313	0.334	0.4以下	D1894
動摩擦係數	0.237	0.241	0.260	0.4以下	D1894
光澤度	111	111	110	100以上	D1003
霧度	8.05	8.10	7.94	10以下	D1003
薄膜拉伸強度MD (Kg/cm ²)	3382	4678	4302	400以上	D882
薄膜拉伸強度TD (Kg/cm ²)	5458	8200	4442	420以上	D882
95°C 收縮率MD	3.5	12.4	18.0	5~35	熱水浸泡 10秒條件
95°C 收縮率TD	45.8	46.5	42.2	25~55	熱水浸泡 10秒條件
說明	可做成附加價值更高的標籤收縮膜	符合查核點指標	符合查核點指標		



上圖為收縮膜一次吹脹成型



上圖為收縮膜二次吹脹成型

(三)重要檢討

1. 要確保改質 PET 收縮膜產品加工的穩定及品質的方法，就必須嚴謹控制加工時的含水率，因改質聚酯粒及添加劑母粒含水率過高，將會影響成品的物性及加工時所引發材料之水解及黃化效應，目前所要求改質 PET 含水率的控制必須在 200ppm 以下，否則在二次延伸吹脹收縮膜時容易破裂。
2. 除濕乾燥系統的設計，必須考慮所需除濕乾燥時間，並計算出連續生產時所需要的容量，以一條生產線 40 kg/hr 的產量做計算，其除濕乾燥系統的安全設計容量必須要在 1000 kg 以上，以避免未乾燥的酯粒進入到押出成型機，影響成品的加工及物性。
3. 雙螺桿混練濃縮母粒雖然混練效果佳，但須經由水冷卻切粒，粒子將必須經再次的除濕乾燥，以確保產品的穩定性，在做濃縮母粒之前必須先將改質 PET 除濕乾燥。在吹膜加工成型時，含水率要控制在 200ppm 以下，否則收縮膜就不容易穩定成型且薄膜容易破裂。
4. 改質 PET 酯粒加工時容易黏住入料段的螺桿，造成不吃料的現象，克服的重點為入料段的喉部及螺桿溫度必須控制穩定，避免過熱結塊而導致不吃料的情況發生。經過多方面的討論結果，目前解決的方法就是在入料段前五牙的地方，把螺桿設計成可以通冷卻循環水路，控制入料段前五牙的螺桿溫度，避免一下料就黏住入料口螺桿沒有足夠的推力。另一方面就是在入料口喉部的地方，加裝冷卻水路夾套，避免在下料口架橋。
5. 計畫開發之改質 PET 收縮膜產品因其材料未結晶，Tg 點較低使得此材料容易黏住螺桿造成了螺桿設計的困難度，經過多次失敗的試車經驗，終於歸納出幾個重點改善的方向，必須使用除濕乾燥機乾燥使含水率降至 200ppm 以下，螺桿入料段的冷卻必須做適當的溫度控制避免架橋或黏住入料段螺桿造成新料無法進入，成型押出機螺桿直徑不宜過小且押出機馬達要比 PVC 所需求的扭力值要高，馬達建議提升 30~50%馬力。

分項計畫四：行星式螺桿在塑木複材之製備技術開發

(一)開發內容

開發塑木複合材料(wood plastic composite, WPC)的推動力來自於合理地利用地球上有限資源的要求，天然資源有限，加上天然木有易受潮變形、蟲菌腐朽及防腐劑毒性的問題，將塑膠與木屑複合的塑木複合材料，能有天然木的特性，而沒有天然木的普遍缺點，環保又健康，絕對是未來的趨勢。

木纖維和植物纖維來源豐富、價廉、質輕、對設備磨損小、製成品尺寸穩定性良好、電絕緣性優、無毒、可反覆加工、具生物降解性，不會對環境構成污染。木質纖維其種類有：廢木粉、刨花、鋸木；植物纖維一般為粉碎處理過的稻稈、花生殼、椰子殼、甘蔗、亞麻、澤麻、高粱桿、玉米桿、黃麻、大麻等。熱塑性塑膠主要為聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)等聚烯烴系列、聚苯乙烯(PS)和聚氯乙烯(PVC)、ABS等，其中包括新料、回收料以及二者的複合料。可以預見的，塑木複材製品替代PVC和其他塑膠製品，會像以前塑膠製品替代木製品一樣快速增長。因而塑木複合材料是一種市場前景十分看好的環保型材料，再加上其加工技術已日趨成熟和多樣化，因此，塑木複合材料的出現，能有效減少原始木材用量、保護森林、保護環境，回收再利用的舊木粉和塑膠，將是有限資源綜合利用的最佳途徑。

再加上傳統塑木複材主要混練造粒設備為同向雙螺桿、異向雙螺桿及萬馬力機，同向雙螺桿雖屬連續式造粒，但木粉含量僅及30%；萬馬力機雖然木粉含量可達50%以上，但屬批次式造粒，未穩定前批次塑木物性較不穩定，行星式螺桿則兼具有兩者的優點，且溫和剪切、高分散、低溫塑化等特性，預期可在低剪切、高分散加工作用下，提高塑木複材高粉體含量。

(二)研究成果

1. D16 行星式螺桿圖面設計、製作：

完成D16行星式螺桿製作，其中主螺桿直徑 $D=90\text{ mm}$ 、行星螺桿 $D=39.4\text{ mm}$ ，相關圖面設計如下圖23所示。

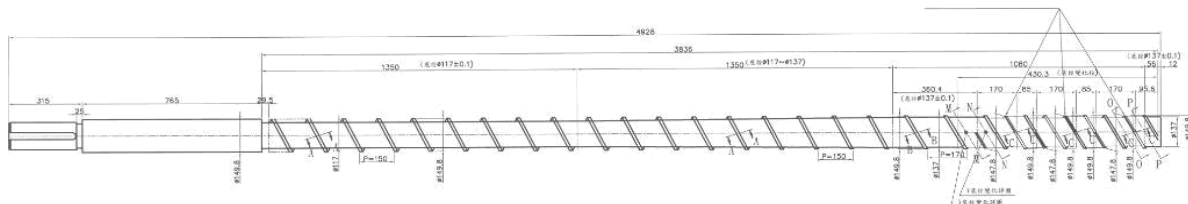


圖 23 D16 行星式螺桿圖面設計

2. 行星式螺桿測車、電控、油壓、油溫控制器、螺桿傳動測試：

完成電控、油壓、油溫控制器、螺桿傳動設計，相關溫控系統設計如下圖所示，完整溫控系統規格詳附於圖 24、圖 25。

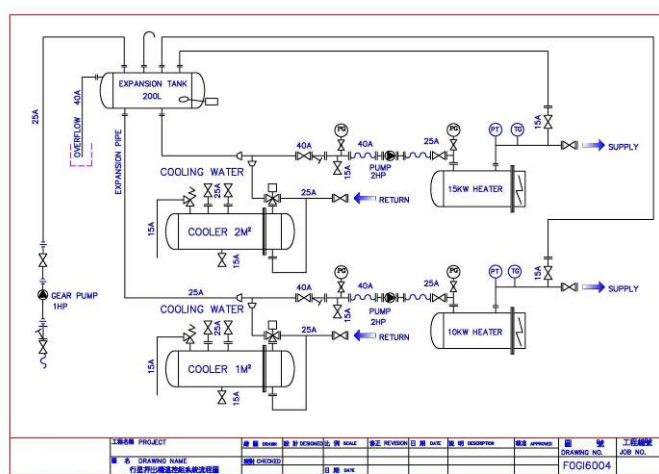


圖 24 行星式螺桿溫控組系統流程圖

項目	設備名稱及規格	數量	金額 (NTD)
1.	控制調整器 45(AIR-透氣)11pc 電動馬達型號 M728(Horsewell-透氣)1pc 螺絲 FN16 DN25 手動閥(AIR-透氣)11set 配管零件 1set		
2.	溫控系統無油控制閥 1set 膨脹罐 200L 1pc 齒形板止回流油油閥 1set 齒輪油 1HP 1pc 移作靈 1set		
3.	特殊方式 :	30%訂金 ; 合約簽訂後支付, 剩餘費 60%完工後, 設備運到現場, 30天測費 10%安裝驗收, 設備試運完畢, 30天測費 (5%增價後付)	
4.	交貨時間 :	收到訂金後 60 天內	
5.	保固範圍 :	需費設計、安裝、及安裝工程	
6.	安全項目 :	1. 設備基礎、止火工程 2. 一次配管工程 3. 淨潔吹配管工程 4. 螺桿組至油池之間防漏油配管工程 5. 廢油池內之液封 6. 螺桿組至油池之間防漏油液封工程 7. 其他未列入報價內的項目	
合計:			NTD

圖 25 溫控系統完整規格

3. 行星式螺桿實體一台，HDPE 180rpm 下螺桿轉速-押出量曲線：

完成行星式螺桿押出機實體一台，主要設備規格如下：料螺 桿長度 680 mm、中段 螺桿長度 500 mm、後段 行星式螺桿長度 500 mm、交流馬達 30 HP、油溫控制，相關行星式螺桿機台、螺桿示意圖，如圖 26、圖 27 所示，而圖 28 則為行星式螺桿試車情形實景。



圖 26 行星式螺桿機體全貌



圖 27 行星式螺桿機體全貌



圖 28 行星式螺桿 HDPE 試車實況

4. 塑譜儀配方研究：

利用 Brabender 的 Mixer 裝置，將不同比例難燃劑與奇美 PS 樹脂 PH-88S 混練均勻（混練條件：溫度設定 150 ~ 170 °C，轉速 50 rpm，時間 10 分鐘後，經熱壓機 180 ~ 190 °C 熱壓 5 分鐘後冷卻），並裁出 LOI 及 UL-94 標準試片，進行難燃測試。

5. 雙螺桿機混練效果比較，螺桿組態建立：

利用塑譜儀研究之最佳配方，經雙螺桿混練機精密造粒，尋求最佳化螺桿組態，相關最佳設計應用如圖 29 所示。

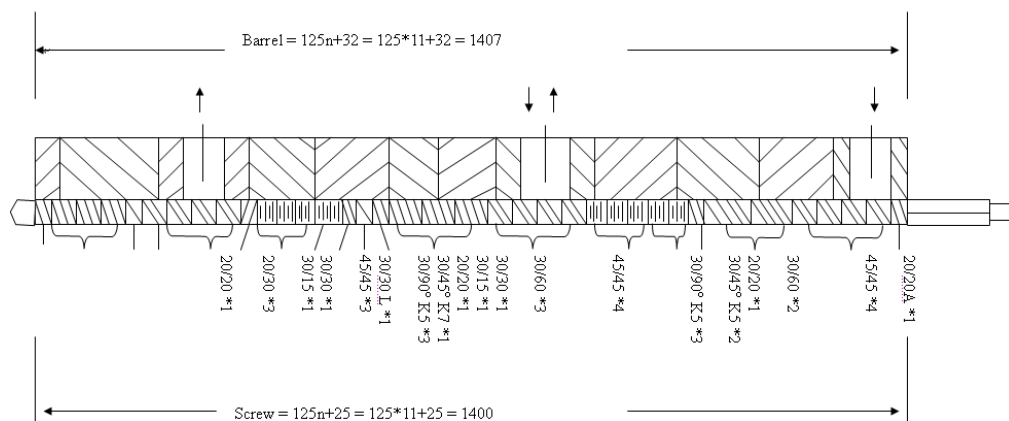


圖 29 雙螺桿最佳組態

6. 雙螺桿押出機混練造粒：

粉體含量達 30 % 以上時，加工即具困難性，以奇美 PS 樹脂 PH-88S 為基材，完成一組最佳配方（添加木粉比例 20 %、磷氮系難燃劑 10 %，其物性雖差異不大，但難燃性卻不達需求，相關加工參數設定：溫度 120 °C、170 °C、175 °C、180 °C、185 °C、190 °C、195 °C、200 °C、205 °C、210 °C，轉速 200 rpm）。

7. 萬馬力機混練造粒：

以奇美 PS 樹脂 PH-88S 為基材，其批次式造粒粉體添加含量可達 50 % 以上，並完成一組最佳配方（添加木粉比例 25 %、磷氮系難燃劑 25 %），建立萬馬力機混練造粒製程（加工參數：混練溫度設定 150 ~ 160 °C；製粒溫度設定 135 °C、145 °C、145 °C、135 °C）。

8. 行星式螺桿混練過程：

以奇美 PS 樹脂 PH-88S 為基材，其連續式造粒粉體添加含量可達 50 % 以上，並完成一組最佳配方（添加木粉比例 25 %、磷氮系難燃劑 25 %），建立行星式螺桿混練造粒技術製程（加工參數：溫度設定 180 °C、170 °C、170 °C、140 °C，轉速 30 rpm），如圖 30 所示。



圖 30 行星式螺桿混練製程建立

9. 以奇美 PS 樹脂 PH-88S 為基材，完成一組最佳配方（萬馬力機及行星式螺桿押出機添加木粉比例 25 %、磷氮系難燃劑 25 %；雙螺桿押出機添加木粉比例 20 %、磷氮系難燃劑 10 %），建置萬馬力機、雙螺桿機與行星式螺桿混練技術平台，相關性質如下表：

混練方式 性質	雙螺桿	萬馬力	行星式螺桿
造粒方式	連續式	批次式	連續式
粉體含量上限	< 30 %	> 50 %	> 50 %
物性	穩定	不穩定	穩定
產能	低 ~ 中	低	高
設備成本	800 萬	1600 萬	500 萬
耐燃性 (UL-94)	V2 ~ V1	V0	V0

極限氧指數 (L.O.I)	25	31	32
拉伸強度 (Kgf/cm ²)	230.11	215.16	222.12
延伸率 (%)	3.13	2.23	2.25
彎曲強度 (Kgf/cm ²)	382.16	364.43	369.2
衝擊強度 (Kgf-cm/cm)	3.24	3.55	3.65
硬度 (Shore D)	71	73	73
熱變形溫度 (°C)	85.14	87.27	88.11
比重 (g/cm ³)	1.18	1.241	1.256

(三)重要檢討

在難燃劑方面以無鹵之磷-氮系為主的複合型阻燃劑技術，充分利用阻燃劑的複配技術（相乘效應），製備出具磷氮相乘、磷矽相乘之環保型無鹵難燃塑木複合材料，透過計畫開發之行星式螺桿混練造粒系統，可藉由本計畫執行修改強迫入料系統、溫控系統、修改行星式螺桿、後端 D80 單螺桿造粒系統，使粉體含量達 50 % 以上，且屬連續式之混練造粒製程，利用行星式螺桿其高分散特型，可在較低無鹵阻燃劑用量，提高材料阻燃性能、加工性能及物理機械性能等目的，取代現有之雙螺桿機及萬馬力機混練造粒製程。計畫結案時，並研發出一組行星式螺桿混練無鹵難燃電線電纜複材最佳配方，待設備技術成熟即可進行技術轉移並商

品化產品。

此外，行星式螺桿設備成本僅及 500 萬元，對環保型無鹵難燃塑木複合材料整廠輸出，可大幅降低成本，提高競爭力，增加經濟效益，對於環保型無鹵難燃塑木複合材料市場推廣有相當大地助益，結合押出機、螺桿製造、押出模具廠、成型廠，架構上、中、下游體系籌組研發聯盟的模式，開發出低剪切高分散之行星式螺桿設備應用於環保級無鹵難燃塑木複合材料，並依據本計畫實驗研究過程及相關結果數據，比較傳統雙螺桿機、萬馬力機與行星式螺桿混練造粒之差異，建置相關技術平台，建立行星式螺桿混練機可達到物種之相關規範範圍，提供業者與學術研究者，對於行星式螺桿混練造粒方式有更深入的了解，對國內產業技術升級有莫大幫助，其相關結論如下：

1. 行星式螺桿系統開發：由於木粉假比重低，透過本計畫開發強迫入料、溫控系統、修改行星式螺桿、後端造粒系統，粉體含量可提高至 50 %。
2. 粉體改質、偶合及相容技術、精密混練及難燃技術：計畫在粉體改質方面，包括偶合劑種類、介面改質技術、截長補短的合膠技術、相容技術、矽烷/水交聯技術等，以提升粉體與塑膠間之相容性。
3. 難燃劑方面：以無鹵之磷-氮系為主的複合型阻燃劑技術，充分利用阻燃劑的複配技術（相乘效應），製備具磷氮相乘、磷矽相乘及可水交聯技術之無鹵難燃塑木複合材料。
4. 利用行星式螺桿，搭配無鹵難燃配方技術，進行實驗設計並經精密混練製粒，搭配 ASTM 標準模具進行射出成型試驗，測試塑木複合材料之相關物性及耐燃性，使產品達到無鹵難燃之成效性。
5. 應用行星式螺桿進行塑木複合材料混練測試、驗證，並依據實驗研究過程及相關結果數據，與傳統雙螺桿、萬馬力混練造粒方式相比較，建立行星式螺桿混練機可達到物種之相關規範範圍，提供業者與學術研究者，對於行星式螺桿混練造粒方式有更深入的了解。

肆.年度計畫管考查核：

表 9 第六年之年度計畫執行情形查核表

技術序號及名稱	查核點	執行進度			備註
		超前	符合	落後	
A2. 高發泡導電複材之製備技術開發	發泡密度 (g/cm^3) 在 0.05 以下		✓		
	表面電阻 (Ω/\square) 為 $10^6 \sim 10^9$		✓		
A3. 具導電性聚烯烴高發泡複材之量產技術	建立 400kg/hr 之連續混鍊設備。		✓		
	確立導電母粒之量產技術及作業排程。		✓		
B1. 導熱粉體之改質技術	材料選擇分析		✓		
	改質技術探討		✓		
B2. 具反應性之精密混鍊製程技術	三滾筒精密混鍊製程及小型量產加工條件最適化。		✓		
	行星式混拌機(脫泡)混鍊效果比較。		✓		
B3. 高導熱介電材料物性探討	導熱特性超過 3 W/mK		✓		
	介電特性:3 for AC, 2.5 for DC		✓		
	力學特性:peel strength > 3kg/m ²		✓		
C1. 收縮膜材料吹膜設計技術	材料選擇及相關之添加劑		✓		
	塑譜儀配方研究		✓		
	吹膜設備開發		✓		
C2. 垂重整合-配方及製程技術。預計	收縮膜之物性確認		✓		
	量產技術建立		✓		

三家廠商。	上、中、下游廠商垂直整合，共同開發		√		
D1. 蒐集行星式螺桿加工技術研究資料(書籍、期刊、手冊規範)	蒐集螺桿設計設計資料		√		
	蒐集行星式螺桿製程資料		√		
	蒐集混鍊技術資料		√		
D2. 行星式螺桿混鍊技術建立	設備規格建立。		√		
	分析經此設備處理和測試之數據		√		

伍、第六年之計畫成效

一、第六年總計畫之執行成果

本整合型計畫之產出效益分列如下：

1、本校研究人力培育：

已培育 3 位專職工程師(羅郁淳、王禎呈、黃紳和)並已投入 10 位碩士班研究生與 50 位大學部專題生共同參與，培育技術與學生建立理論基礎及累積實務經驗，儲備相關業界所需人才，累積到目前為止共培育有 120 位專業永續材料回收再製與再生技術相關之人才。

本校也整合工程與商管學院師生聯手參加第四屆龍騰微笑競賽。宏碁基金會與時報文教基金會主辦的「第四屆龍騰微笑競賽」是國內規模最大、競爭最激烈的「知識經濟」競賽。本校企管系陳俊傑、簡仕傑、王明宏等三位同學與陳禎祥、汪明傑、陳嘉勳、官振豐、關旭強、盧佳玲等老師組成的團隊以「防電磁波干擾的生分解複合材料」參賽，在來自台大、成大、清大、交大等超過 185 支強勁隊伍競爭下，脫穎而出，榮獲佳作，圖 31 為頒獎典禮上與創辦人施振榮先生合影之紀錄。



圖 31 龍騰微笑競賽比賽得獎師生合影

本校更整合工程與商管學院師生聯手參加研華文教基金會主辦之 2009 TiC100 創新創業競賽。TiC100 是國內歷史悠久且知名度高的「知識經濟」競賽。本校企

管系葉嘉慧、鄭敬澄、張雅琪、黃靖雅、林承賢等五位同學與張永富、李明興、汪明傑、彭新志、林焜章、陳嘉勳等老師組成的團隊「綠配科技股份有限公司」以「綠色環保收縮膜」參賽，在來自全國各地隊伍競爭下，脫穎而出，榮獲科技創新佳作獎及科技大眾投資獎，相關獎座與比賽現場實景照片如圖 32、圖 33 所示。



圖 32 2009 TiC100 競賽獎杯



圖 33 2009 TiC100 競賽剪影

3、在技術研發及專利產出方面：

本計畫研發技術於第六年度已提出 17 件之專利申請，並已成功技術轉移 23 件專利技術。

4、在產學合作方面：

本校於九十年成立「創造力中心」，其主要是推廣創造力教學，進而結合創意與專利申請，以達到強化產學合作之功能；於九十一年度成立微奈米科技研發中心，目前已獲得多項突破性之成果發表於相關學術期刊及研討會；並提出多項發明專利之申請；另藉由專利申請與核准數量之累積及相關技術之開發，遠東科技大學在 93 年獲經濟部中小企業處補助 200 萬元成立「精密機械創新育成中心」，開始輔導相關之廠商，並以塑膠製品回收與再利用之專利為基礎，向教育部申請技術研發中心之成立，經教育部核定給與第一年 950 萬元的補助成立「永續材料技術研發中心」。93 年 9 月經過「精密機械創新育成中心」之協助，「永續材料技術研發中心」將其中 65 件有關塑膠製品回收與再利用之發明專利授權並技術轉移給台灣歐技環境科技股份有限公司，合作總金額達 2345 萬元，是目前國內技術轉移極為成功的案例。並成立「塑膠加工廠商交流會」，協助南部塑膠加工技術升級，目前有 40 家企業參與。

由於產學合作績效卓著，本校於九十四年度榮獲中國工程師學會所頒發「產學合作貢獻獎」之殊榮。另外，值得一提的是本校經教育部補助成立之永續材料技術研發中心，在九十四年度全國 30 個技術研發中心評比獲得補助金額 750 萬元，為補助最高者。同時，在九十五年度更獲教育部補助成立創意餐飲產品與諮詢推廣技術研發中心，並為本校第二所技術研發中心，補助金額達 800 萬元。更於九十五年底，本校「永續材料技術研發中心」及「創意餐飲產品與諮詢推廣技術研發中心」於全國技術研發中心績效評比中分別榮獲第一及第二名，此項殊榮獲教育部高度肯定。

另一方面本校積極透過產學合作方式及技術服務方式與產業界合作，提供廠商專業技能，本校於 94~96 年度之產學合作研究計畫共 339 件，計畫金額達 121,164,222 元。其中包括國科會小產學計畫共通過 132 件，計畫總金額為 76,115,953 元，為私立大學院校第一名。同時，學校為鼓勵教師投入產學合作，於 94~96 年度共投入計畫配合款達 7,877,974 元。本校連續榮獲 95 及 96 年度大專校院產學合作績效評量「智權產出成果與應用效益」私立技職體系學校第 1 名；96 年度【爭取產學經費與效率-構面第 6 名】、【產學合作成效廣泛程度-構面第 7 名】；97 年度大專校院產學合作績效評量結果公佈，本校在三個構面評比項目排名分別為【爭取產學經費與效率-構面第 5 名】、【產學合作參與廣泛程度-第 8 名】、【智權產出成果與應用效益-第 2 名】。

在 98 年度產學合作研究計畫共 278 件/8,753 萬元。其中與區域產業合作之研究案達 94 件/3,260 萬元，業界投入金額超過 1,700 萬元，參與的學生數達 186 人。

本計畫第六年完成 40 件產學合作案，合作廠商達 32 家，金額達 25,018,220

元，重要的產學合作案描述如下：

(1). 技術轉移-遠東科大-台科大-北科大-嘉皇工業有限公司

師生合作開發之「具 EMI 遮蔽效果之 CNT/ABS 複合材料製備技術」成功轉給嘉皇工業有限公司，包含「CNT 濕式研磨分散技術」、「CNT 溶液乾燥技術」、「CNT 表面修飾技術」、「CNT/ABS 複材混練技術」、「CNT/ABS 複材射出成型技術」、「CNT/ABS 複材混練自動化量產技術」、「CNT/ABS 複材表面性質分析技術」、「CNT/ABS 複材電子殼材開發技術」等六個項目技術移轉。使參與之學生瞭解導電材料之前處理方法、塑膠配方及塑膠加工之相關理論，進而建立量產製程設計與操作條件之最佳化。結合超高分子加工實驗室之軟體及硬體架構，培養學生成為具備導電配方設計及加工設備開發能力之人才。

(2). 技術轉移-遠東科大-台科大-北科大-憶昇實業有限公司

將所開發之導電碳材之改質製程與設備與本校材料工程系及化學工程系之研究結合，發展高分子複合材料加工系統之最佳化操作技術。與台灣科技大學及台北科技大學進行跨校產學合作，並成功結合三校技術將”CNT 或導電碳黑改質技術、CNT 或導電碳黑濕式研磨分散技術、CNT 或導電碳黑母粒造粒技術、CNT 或導電碳黑/PP 複材押出成型技術、CNT 或導電碳黑/PP 複材物性分析技術及 CNT 或導電碳黑/PP 複材模流分析技術等六個項目技術移轉。

(3). CITD 聯合開發-日鶴、增昌、鳳記三家公司

「高透明 PP 薄板製程開發」，突破 PP 膜板材透明度差之瓶頸。其技術提升包括：改質 PP、滑劑、開口劑、成核透明劑、物性強度與添加劑混鍊特性、改質 PP 押出成型螺桿、T 型模頭模擬分析設計、新一代流延鋼帶成型、溫度、速度、延伸倍率設計的搭配等整合技術之提升。本技術結合材料、化工與機械知識，並結合多家廠商垂直整合，進行功能性瓶胚成型技術之開發，如圖 34 所示。使學生熟悉射出成型之研發過程，並瞭解瓶胚生產之關鍵技術與檢測流程。結合高分子加工實驗室之軟體及硬體架構，培養學生成為雙射開發能力之人才。

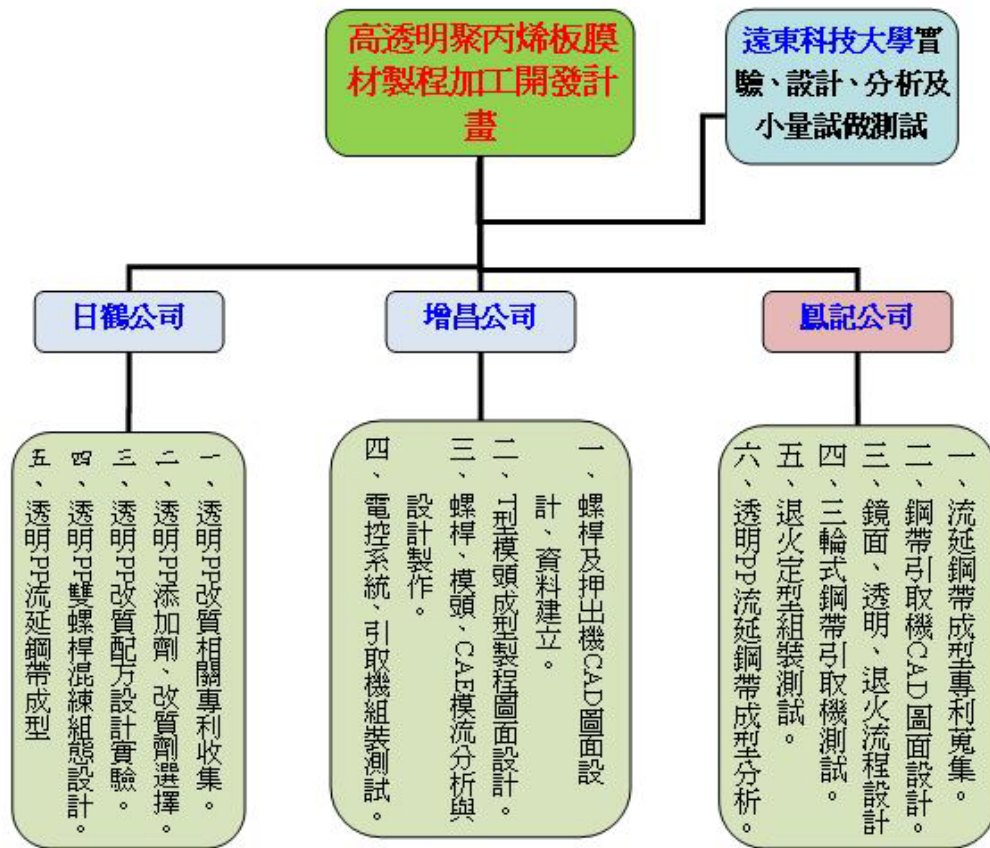


圖 34 2009 年 CIRD 聯合開發 上、中、下游整合示意圖

(4). 改質 PET 收縮膜產品開發計畫

成功建立無定型 PET 之加工配方開發與機台設計，結合化工與機械知識，並以吹膜技術為主，成功開發出 A-PET 收縮膜。結合高分子加工之軟體及硬體架構，培養學生成為具備吹膜製程開發能力之人才。開發 PET 收縮膜產品來取代 PVC 收縮膜產品。整合塑膠加工相關上、中、下游業者，共同開發原料、配方、設備及收縮膜加工成型技術符合市場物美價廉及環保所需。開發出平價收縮膜吹膜成型製程設備，降低生產成本使得產品更有競爭力。

本研究案成功與谷源、壯鋼、瑞昇等三家公司進行產學合作及 CIRD 聯合開發，補助經費 468 萬，配合該公司的研發，達到人才培育的目的。

(5). 傳熱型射出螺桿 CAE 設計技術-宏合鵬實業有限公司

與宏合鵬實業有限公司進行產學合作，開發射出螺桿 CAE 設計技術，導入射出/押出螺桿 CAE 設計分析技術，由傳統試誤法建立之實務設計經驗，逐步導入科學化 CAE 設計導向。其中 D65 以上螺桿設計與成型實驗，以 PET 瓶胚模具為實驗載具。而 D115 射出螺桿設計與成型實驗，以回收 PP/PE 棧板模具為實驗載具，探討傳熱型螺桿加料時間改善設計之差異。結合化工與機械知識，培養學生成為具備傳熱型射出螺桿 CAE 設計技術開發能力之人才。

成功建立無定型 PET 之加工配方開發與機台設計，結合化工與機械知識，並以吹膜或平膜技術為主，成功開發出 PET 收縮膜。本研究案以成功與上市公司遠東紡織進行產學合作，也成功技術轉移至彩麗薄膜公司，配合該公司的研發，達到人才培育的目的。

(6). 高速瓶胚射出成型機開發-琮偉機械股份有限公司

與琮偉機械股份有限公司進行產學合作，開發 16 穴 23g 瓶胚生產週期在 14 秒內為目標，透過開發二段式塑化射出複合動作、高塑化螺桿 CAE 設計技術、瓶胚模外冷卻技術整合，提升 PET 瓶胚射出機技術層次，高塑化螺桿設計技術為未來高產能(如疊模、Tandem mold、模具急熱急冷)之關鍵技術，培養學生成為具備射出成型機開發能力之人才。

(7). 高性能奈米碳管強化聚苯硫醚複合材料開發-含弘公司

完成「碳奈米管修飾的方法」之修飾技術，建立迴流改質反應系統，並使學生熟悉相關設備的原理及操作方式。可進行如：高分子合成、高分子改質、奈米材料官能基化之相關檢驗，並結合材料與化工知識，使學生瞭解多項有機材料合成技術。利用奈米碳管表面改質技術以利界面鍵結，配合高效率分散技術，完成材料配方及加工製程的開發。利用接枝方法可使奈米碳管表面改質，使其與高分子彈性體具有化學鍵結，再利用此濃縮母粒與 PA66, PPS 間的相容性將母粒摻混於 PPS 中，目的是使奈米碳管對 PPS 作有最有效率的補強，彈性體作增韌，提高 PPS 應用的廣泛度。

含弘公司並指定本校學生參與本計畫，藉著計畫執行的訓練，培育產業界所需人才。藉由校際間之學術合作完成多項測試與研究，並發表結果於國內外研討會。

(8). 奈米生分解導電發泡技術研發-歐都納公司

透過奈米碳管及導電碳黑的改質可改變碳材之表面極性性質（乙烯基矽烷、馬來酸酐），改質後的奈米碳管及導電碳黑有較好的相容性質，亦提高了奈米碳管表面之反應性，使其能在基材中不形成團聚（aggregate），分散性較佳，然後利用改質後的表面特定官能基，以利於和高分子或其他單體之間的結合，增加基材物性。

利用碳管的高導電特性及極佳的物性，搭配較低價的導電碳黑，可降低碳材的添加量，增加產品的高倍率發泡，如此的碳管與導電碳黑的協同，一方面可符合成本的考量，另一方面則增加產品的物性，以利獲得可達 ESD 等級之聚烯烴導電高倍率發泡型材。

利用界面活性劑及相容劑的導入改質可有效增加碳材與基材之間的相容性，可使碳材均勻分散在基材之間，增加導電的通路，一方面可降低碳材添加量，另一方面可增加發泡型材物性。

利用雙螺桿或力拿及萬馬力機，先行製作導電母粒的方式，增加分散性，此方式亦可有效增加碳材在基材之間的分散性。

5.在國內外競賽成果：

- (1). 師生合作開發之「PP 發泡可微波食品容器」獲得「2009 年日內瓦國際發明展」銅牌獎，如圖 35、36 所示。



圖 35 2009 年日內瓦國際發明展金牌獎



圖 36 2009 年日內瓦國際發明展獎杯及作品

(2) 師生合作開發之「液晶螢幕回收材/聚烯烴複合材料」獲得德國紐倫堡國際發明展」金牌獎及特別獎，如圖 37、38 所示。

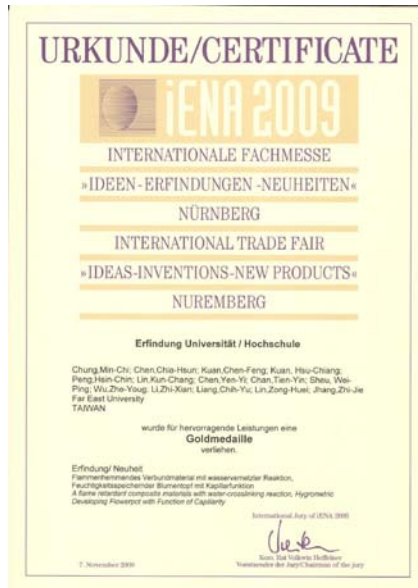


圖 37 2009 紐倫堡發明展金牌獎



圖 38 2009 紐倫堡發明展特別獎