

104 年度政府科技發展計畫 績效報告

計畫名稱：電漿在綠色節能環境之開發與應用

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：核能研究所

中華民國 105 年 3 月 25 日

【104 年度績效自評意見暨回復說明(D007)】

計畫名稱：電漿在綠色節能環境之開發與應用

績效自評審查委員：

序號	審查意見	回復說明
壹、執行之內容與原計畫目標符合程度(自評評等：8) 9-10：超越計畫原訂目標。 8：達成計畫原訂目標。 7：大致與原計畫目標相符。 1-6：未達原訂目標。		
1-1	本計畫以綠色節能環境概念為主軸，逐步開發出輕、薄及可撓曲之全固態薄膜光伏、薄膜調光、薄膜儲能及薄膜聚光光熱等關鍵節能元件及其整合型系統。分項計畫包括電漿薄膜技術在可撓式節能及能源元件整合系統開發與應用、電漿薄膜聚光光熱電整合系統應用開發、電漿技術運用於綠色環境零碳排放整合開發驗證、工業電漿技術及應用系統平台開發建置，各分項計畫均達其原預定之目標。	謝謝委員肯定。
貳、計畫經費及人力運用之妥適度(自評評等：9) 9-10：與原規劃一致。 7-8：與原規劃大致相符，差異處經機關說明後可以接受。 1-6：與原規劃不盡相符，且計畫經費、人力與工作無法匹配。		
2-1	1. 經費運用妥善。 2. 104 年度規劃投入研究人力 50 人年，實際投入人力 42.86 人年，預定與實際投入人力差異主要為單位人員	謝謝委員肯定。

	有異動含退休、離職，在充份發揮人力配置下，不影響對計畫階段性目標的完成。	
參、已獲得之主要成果(重大突破)與成果滿意度(自評評等：9) 9-10：達成原訂 KPI，且獲得成果績效超越原計畫預期。 8：達成原訂 KPI，且獲得成果績效與原計畫預期相符。 7：大致達成計畫原訂 KPI 與預期效益。 1-6：未達成計畫原訂 KPI 與預期效益。		
3-1	計畫執行成果之 KPI 與預期成效一致性高。	謝謝委員肯定。
肆、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(自評評等：9) 9-10：超越原計畫預期效益。 8：與原計畫預期效益相符。 7：大致與原計畫預期效益相符。 1-6：未達成原計畫預期效益。		
4-1	【學術成就(科技基礎研究)】 1. 相關研究成果已發表國內外期刊或是研討會，建議敘明期刊 IF 值。 2. 各分項計畫均有一定數量研究論文、專利與報告產出。研究論文之品質佳，專利實用性高。	1. 感謝委員意見，未來期刊論文將加入 IF 值說明。 2. 謝謝委員肯定。
4-2	【技術創新(科技技術創新)】 1. 創新獨特的卷對卷(R2R)電弧電漿鍍製節能膜技術，為本所電漿技術歷年最大突破，讓高階節能膜低成本化，技轉國內最大節能膜公司，簽約金 2500 萬元。積極專利布局高能量密度之全固態薄膜鋰電池元件，技術成熟後商機可期。	1. 謝謝委員肯定。

	2. 智慧財產之專利申請與技術授權表現優。 3. 創新技術未來之應用情境，具體清楚。	2. 謝謝委員肯定。 3. 謝謝委員肯定。
4-3	【經濟效益(經濟產業促進)】 1. 與國內最大節能膜公司技術合作開發暨技術授權案全程 8 年，開發 R2R 電弧/磁控複合製程設備技術，提供低成本節能膜整體解決方案，合作開發期暨技術輔導期 2 年，收取 2,200 萬元；技術授權期 6 年，其授權金暨權利金 300 萬元，總收入合計 2,500 萬元，研發成果運用收入 3,34 萬元上繳國庫。 2. 計畫之研發成果完成 5 件技轉/先期參與案，有助於環境節能推廣，成效良好。 3. 促成投資與創業育成均達成目標。	1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝委員肯定。 3. 謝謝委員肯定。
4-4	【社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)】 電弧電漿製程創新突破鍍製高階隔熱膜並通過驗證，促成國內最大規模節能膜廠商東○與本所於雲林斗六新廠簽訂技術授權及合作合約。本技術使整體製程單純化，大幅降低成本，有利建築物、汽車高性能隔熱膜貼膜普及化，協助節能政策推動。且提升就業人數未來可期。	謝謝委員肯定。
4-5	【其他效益】	

	1. 獲得 2015 台北國際發明展暨技術交易展競賽組金牌獎，顯示研發成果之重要性，並獲得肯定與廠商熱烈回響。 2. 碩、博士培育人數可再加強，與國內單位合作佳，國際合作暫無。	1. 謝謝委員肯定。 2. 感謝委員意見，未來將積極與學術單位合作，加強基礎研究，增加碩、博士培育人數；並積極參加國際研討會與參訪國際知名研究機構，爭取國際合作機會。
伍、跨部會協調或與相關計畫之配合程度(自評評等：9) 10：認同機關所提計畫執行無須跨部會協調，且不須與其他計畫配合。 9-10：跨部會協調或與相關計畫之配合情形良好。 7-8：跨部會協調或與相關計畫之配合情形尚屬良好。 1-6：跨部會協調或與相關計畫之配合情形仍待加強。		
5-1	與具無線控制電路驅動設計能力之廠商及學研單位進行技術合作，發展可結合居家智能應用之智慧型電致變色窗控制技術。	謝謝委員肯定。
陸、後續工作構想及重點之妥適度(自評評等：9) 9-10：後續工作構想良好；屆期計畫成果之後續推廣措施良好。 7-8：後續工作構想尚屬良好；屆期計畫之後續推廣措施尚屬良好。 1-6：後續工作構想有待加強；未規劃適當之屆期計畫後續推廣措施。		
6-1	未來擬藉由技術服務等合作形式持續與國內光電大廠針對現有電致變色所使用之金屬氧化物薄膜，進行結合有機及無機材料之前瞻複合型元件之開發，突破目前有機元件應用瓶頸，提升現有光電產品性價比。	謝謝委員肯定。
6-2	本計畫對於後續工作能兼顧技術發展與產業應用，規劃良	謝謝委員的意見與肯定。

	好，另建議未來能以跨部會合作方式將技術成果推向業界。	
柒、總體績效評量暨綜合意見 (自評評等：9) (10:極優 9:優 8:良 7:可 6:尚可 5:普通 4:略差 3:差 2:極差 1:劣)		
7-1	本計劃是以綠色節能環境概念為主軸，分項計畫包括電漿薄膜技術在可撓式節能及能源元件整合系統開發與應用、電漿薄膜聚光光熱電整合系統應用開發、電漿技術運用於綠色環境零碳排放整合開發驗證、工業電漿技術及應用系統平台開發建置等。無論在專利、論文與智財推廣均有不錯產出，與國內學術單位合作也達成人才培育之目標， <u>但碩、博士人才培育可再增加。雖然本計畫為研究型計畫，但後續計畫之重點宜放在實際應用之開發，建議現有之技術成果透過跨部會方式協助推向業界。</u> 計畫整體表現值得鼓勵。	謝謝委員的意見、肯定與建議，未來將積極與學術單位合作，加強基礎研究，增加碩、博士培育人數；另外在電弧電漿技術創新帶動國內節能膜產業方面，將進一步透過跨部會合作方式(如與內政部建築研究所合作)推向業界，或直接與廠商合作，共同申請業界科專，落實產業應用成果。
7-2	本計畫之執行符合原訂計畫目標，達成原訂 KPI，且獲得成果績效超越原計畫預期。	謝謝委員肯定。
7-3	本計畫年度各項 KPI 如期如質完成，成效良好。在技術移轉方面，突破技術障礙，完成具指標意義之 R2R 電弧/濺鍍相關技轉案簽屬，值得肯定。惟研發項目涵蓋面極廣，仍建議研發項目能更集中，以達更好成效。	謝謝委員的意見與肯定。未來將聚焦於 (1)住商節能：R2R 電弧電漿技術創新帶動節能膜產業(電致變色膜等)。(2)工業節能：建立智慧熱管餘熱回收節能關鍵技術，驗證逆流熱虹吸回路技術的節能效益，並向耗能和空調產業推廣。(3)智慧節能生活：開發 R2R 可撓式智慧調光薄膜整合型元件

		(PV+EC+Li 電池+無線遙控技術)，應用於建築與汽車節能上，成為未來智慧綠建築及車聯網的關鍵節能元件。(4)固態鋰電池：與半導體或面板廠商合作，開發太陽光電、熱電和壓電的環境能源獵能器。
7-4	本計畫配合未來組改後新主軸研究方向，定位清楚，期望執行力落實，開創綠色節能之親和環境，更加發控未來轉型為能源研究所之主要角色。	謝謝委員的意見與肯定。

目 錄

【104 年度績效自評意見暨回復說明(D007)】	2
【104 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】	10
第一部分(系統填寫)	11
壹、 目的、架構與主要內容.....	12
一、 目的與預期成效	12
(一) 目的.....	12
(二) 預期成效.....	12
(三) 實際達成與原預期差異說明.....	13
二、 架構(含樹狀圖)	23
三、 主要內容	24
(一) 內容.....	24
(二) 實際執行與原規劃差異說明.....	26
貳、 經費與人力執行情形.....	27
一、 經費執行情形	27
(一) 經資門經費表 (E005)	27
(二) 經費支用說明.....	27
(三) 經費實際支用與原規劃差異說明.....	28
二、 計畫人力運用情形.....	29
(一) 計畫人力結構 (E004)	29
(二) 人力實際進用與原規劃差異說明.....	30
參、 已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003) (系統填寫).....	31
第二部分(自行上傳)	36
壹、 主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome).....	37
一、 學術成就(科技基礎研究)	37
二、 技術創新(科技技術創新)	38
三、 經濟效益(經濟產業促進)	39

四、 社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)	40
五、 其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等).....	41
貳、 跨部會協調或與相關計畫之配合.....	41
參、 檢討與展望	42
附錄一、佐證資料表.....	44
附錄二、佐證圖表.....	53

【104 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

審議編號	104-2001-02-05-03				
計畫名稱	電漿在綠色節能環境之開發與應用(3/4)				
主管機關	行政院原子能委員會				
執行單位	核能研究所				
計畫主持人	姓名		職稱		
	服務機關	行政院原子能委員會核能研究所			
	電話		電子郵件		
計畫類別	延續型一般計畫				
計畫群組及比重	環境科技 100%				
執行期間	104 年 1 月 1 日 至 104 年 12 月 31 日				
全程期間	102 年 1 月 1 日 至 105 年 12 月 31 日				
全程計畫 資源投入 (104 年度以前 請填決算數)	年度	經費(千元)		人力(人/年)	
	102	60,928		45	
	103	49,459		50	
	104	54,945		50	
	105	55,890		50	
	合計	221,222		195	
當年度 經費投入 明細 (請填決算數)	104 年度	人事費	0	土地建築	0
		材料費	14,667	儀器設備	11,318
		其他經常支出	23,760	其他資本支出	5,200
		經常門小計	38,427	資本門小計	16,518
		經費小計(千元)		54,945	
計畫連絡人	姓名		職稱		
	服務機關	行政院原子能委員會核能研究所			
	電話		電子郵件		

第一部分(系統填寫)

壹、目的、架構與主要內容

(填寫說明：計畫目的、架構、內容之呈現方式應與原綱要計畫書一致，如實際執行與原規劃有差異或變更，應予說明)

一、目的與預期成效

(一)目的

核能研究所將轉型為能源研究所，因此本計畫配合能源研究所新主軸方向，延續前期計畫建立之基礎，將電漿清潔製程鍍製薄膜技術升級應用至輕薄可撓之綠色節能元件開發與整合，開創綠色全能之親和環境，更加發揮未來轉型為能源研究所的角色。

(二)預期成效

1. 運用多年累積之大面積電漿源及量產電漿鍍膜技術，自主開發之可撓曲之全固態節能薄膜(如非晶矽薄膜光伏(PV)、低輻射(Low E)膜、電致變色(EC)膜、薄膜蓄電池(TFB)及聚光光熱膜等)的卷對卷(R2R)電漿製鍍生產系統，包含大面積 VHF 電漿源、卷對卷 PECVD 及 PVD 連續製程技術等，預期設備成本可大幅降低至進口設備 1/3 以下，產品價格亦可低於進口品一半，不但符合國內節能產業技術升級需求，亦符合民眾經濟消費，達到最有效之節能推廣應用功效。
2. 運用所開發可撓曲之全固態節能薄膜及整合型系統(PV+Low E+EC+TFB)，結合資通訊(ICT)技術的智慧功能，搭配 3C 電子民生產品及建物整合應用發展，推動校園、住家、社區朝低碳節能改善，落實於日常生活節能中，實現創能、蓄能及節能三者聯動之智慧節能效益，達成綠建築之永續發展。
3. 運用所開發拋物面聚光板、熱與電的光熱與光電整合，有效提升太陽光熱能利用的效率，以符合工業界冷凍、加溫及節能應用需

求。

4. 完成 3 家廠商以上之技服、技轉或先期參與合約，協助台灣傳統產業轉型至高附加價值節能產業，提供傳產轉型的一個永續發展的新方向，同時加強整合國內 ICT 技術，為台灣節能產業開創新的競爭力。

(三)實際達成與原預期差異說明

預期目標(衡量指標)	實際達成情形	差異分析
一、電漿薄膜技術在可撓式節能及能源元件整合系統開發與應用		
完成紅外線阻擋率 > 90% (Low-E Film & EC)。	以最佳化五層奈米鍍膜結構(ITO40nm/Ag17nm/ITO 85nm / Ag 17nm/ITO40nm) 達成 Low-E Film 紅外線阻擋率達 92%、SHGC 值為 0.29；並完成最佳化電致變色元件結構(ITO100nm /NiO60nm /Ta ₂ O ₅ 270nm/ WO ₃ 170nm /ITO 100nm)達成紅外線阻擋率達 91%。	符合預期目標 (請參考 P46 頁附錄二圖一)
完成電驅動薄膜可見光穿透變化率 > 50%。	完成最佳化電致變色元件結構(ITO100nm/ NiO60nm/ Ta ₂ O ₅ 270 nm/ WO ₃ 170nm/ITO100nm)於電壓 5.5V 操作下達成可見光穿透變化率達 62%、上色態之 SHGC 值達 0.25。	符合預期目標 (請參考 P46 頁附錄二圖二)
完成室內模組(PV)電	完成以 10cm×10cm 可撓式薄膜太陽能電池組成	符合預期目標

壓>10V (PIPV 如平板電腦等)。	60cm×30cm 可撓式薄膜太陽能電池模組，模組於室內光源下可得開路電壓 V_{oc} 達 10.15V。並完成針對室內光照度感測應用之 12cm×10cm 之可撓式薄膜太陽能電池模組，於白光 LED 照射下，其照度感測度為 3.9mV/Lux。	(請參考 P47 頁附錄二圖四)
完成全固態薄膜蓄電池之模擬研究。	針對不同厚度之金屬氧化物儲電薄膜進行電量測試，所得結果為 WO_3 薄膜的單位面積的電量 ($17.1mC/cm^2$)較 NiO 薄膜的單位面積電量 ($4.48mC/cm^2$)高出不少，於儲電薄膜電量不匹配的情況下，造成元件於 15 次操作即發生劣化的現象，而藉由電量模擬，並選擇電量相近之驅動條件，則可得有效提升元件整體操作可靠度至 1000 次以上。	符合預期目標 (請參考 P47 頁附錄二圖三)
完成低銀膠模組成本之可撓式太陽能電池模組，節約銀膠用量達 50%。	藉由銀膠網印之網版設計縮減指狀電極之線寬由 100μm 縮減至 50μm 及線高由 100μm 縮減至 75μm 達到節省銀膠用量 50%之目的，並於 10cm×10cm 太陽能電池上進行銀膠網印驗證及組成 30cm×30cm 可撓	符合預期目標 (請參考 P48 頁附錄二圖六)

	式薄膜太陽能電池模組。	
完成薄型化整合型自主型(PV+EC)光電驅動薄膜元件可見光穿透變化率>40%。	完成以全固態電致變色薄膜(EC)為窗戶鍍膜之25cm×10cm 汽車節能天窗，並藉由與20cm×20cm 薄膜太陽能電池結合應用為隨環境變化之汽車節能天窗，達成整體模組光學穿透度變化可達62%，並於2015年台北國際發明展及環境資源特展展示實體模型。	符合預期目標 (請參考 P48 頁附錄二圖五)
完成可撓式薄膜鋰離子電池製作，每單元大小20×20 mm，電池容量600 μAh。(報原能會績效目標)	在20×20 mm 不銹鋼基板上，分別以磁控濺鍍和蒸鍍方法，製作出結構為LiCoO ₂ /LiPON/Li 和 LiMn _{1.9} Al _{0.1} O ₄ /LiPON/Li 的全固態薄膜鋰電池，其電容量為600μAh	符合預期目標 (請參考 P49 頁附錄二圖七～圖九)
完成薄型化(厚度<150μm)之可撓式薄膜光伏與電致變色膜(PV-EC)自動調變模組製作，可見光穿透變化量>40%。(報原能會績效目標)	完成以全固態電致變色薄膜(EC)為窗戶鍍膜之汽車節能天窗及封裝後模組厚度140μm 之電致變色電子標籤，並藉由本技術於無電壓驅動下(低環境照度時)電致變色元件可自行退色至透明態特性，與太陽能電池結合提供未來整體低系統建置成本之自動感測變色	符合預期目標 (請參考 P48 頁附錄二圖五)

	型電致變色動態節能窗應用，整體薄膜元件光學穿透度變化可達 62%，並於 2015 年台北國際發明展及環境資源特展展示實體模型，提供發電、感測及節能一體化且無需外加電源之智慧型電致變色節能天窗於智慧汽車天窗應用之解決方案。	
二、電漿薄膜聚光光熱電整合系統應用開發		
完成開發拋物面聚光光熱電整合系統，儲熱效率 50%。	利用直接合成方法，於 KNO_3 (40 %)和 NaNO_3 (60 %)的混合鹽中，添加微米級(10^{-6})的氧化銅及氧化鋁粉末，提升導熱係數，增加單位時間吸收的熱能。同時也增加比熱，儲熱量因而增加。再放入儲熱容器內，以 3.7 m^2 碟式太陽能聚熱反射鏡加熱，儲熱效率=融鹽吸收熱能/反射鏡輸入太陽輻射熱能> 50 %。	符合預期目標 (請參考 P50 頁附錄二圖十一)
完成開發儲熱式熱電共生系統，熱電共生整合效率 35%。	先將加入微米級粉末的混合鹽放入儲熱容器內，再將蒸汽容器(鍋爐)放入，以 3.7 m^2 碟式太陽能聚熱反射鏡加熱，當蒸汽壓力至 3 kg/cm^2 ，洩壓閥開始噴發降壓，同時停止太陽能加熱，	符合預期目標 (請參考 P50 頁附錄二圖十一，圖十二)

	後續靠熔鹽降溫放熱維持蒸汽壓力，整合效率=(熱電晶片電能+蒸汽熱能)/反射鏡輸入太陽輻射熱能> 35 %。	
完成開發光熱廢熱輔助節能系統，整體能源效率 40%。	空氣電加熱器是育成中心無塵室空調箱最耗電的設備，為改善空調箱能源效率，以太陽能集熱器和熱泵製造熱水，輔助空氣加熱功能，再於冷卻盤管進出口以熱虹吸管熱交換器進行廢熱回收，經過實機驗證，整體能源效率大於 40 %。	符合預期目標 (請參考 P51 頁附錄二圖十三~十四)
利用自行研發之逆流熱虹吸迴路技術，開發逆流熱虹吸地源熱泵空調示範系統，節電效率達 20%。(報原能會績效目標)	整合熱泵空調機組和逆流熱虹吸土壤換熱迴路，構成地源熱泵驗證與展示平台。逆流熱虹吸迴路具自然循環傳熱特性，比傳統電動泵驅動的土壤換熱迴路節能。由於夏季土壤散熱溫度較大氣溫度低，且冬季取熱溫度較大氣高，經過實機驗證，節電效率 20 %以上。	符合預期目標 (請參考 P51 頁附錄二圖十五)
三、電漿技術運用於綠色環境零碳排放整合開發驗證		
完成模擬與驗證不同種類及效率之太陽能模組裝設於 054 館頂	以單晶 Si、HIT 及 CIGS 安裝於本所測試平台模擬其發電量，顯示皆以夏季發電	符合預期目標 (請參考 P52 頁附錄二圖十六)

樓測試平台之發電量隨季節變化差異性，並評估整年經濟效益，提供選用或研發參考。	量最高，其年發電量每平方公尺分別為 148.36kWh、181.60kWh 及 82.00kWh。以購置成本及售電 NTD 6.77 /kWh 計算，回收期為 9.73 年、24.60 年及 13.15 年。由於 HIT 模組國內並無生產須仰賴進口，雖發電效益高，但回收期最長；經濟效益以單晶 Si 模組最佳。	
完成模擬可隨太陽光強度調變其可見光穿透率之智慧節能窗模組之節能效率，並裝設於 054 館頂樓測試平台進行動態操作節能驗證，以加速推廣應用。	模擬測試平台(地板面積 10.9 m ² ，僅西側開窗，窗/牆比 WWR 為 5.3%)安裝智慧節能 EC 窗，窗在陽光強度由小變大時顏色由淺變深。室內安裝 T5 燈管，燈具之等照度功率密度為 2.99 W/m ² -100lux，室內照度維持 500lux，以 8mm 清玻璃照明全開為比較基準，空調 COP 為 3.7，空調定溫 25.5℃。當節能窗在日照強度 600~1000W/ m ² 時變深色，照明加空調的節能效率為最佳，達 36.10%~36.24%，智慧節能窗與照明聯動具明顯的節能效果。	符合預期目標 (請參考 P53 頁附錄二圖十七)
完成擴大零碳排放示	以自行開發之 INER Low-E	符合預期目標

範系統，驗證節能效果 > 10 %。	2015 膜與市售高階 3M-PR70、i999 隔熱膜，分別黏貼在本所 054 館節能測試平台(地板面積 10.9m ² ，窗/牆比 WWR40%)清玻璃上進行空調耗能測試。 2015/09/12~11/08 (09:00~18:00，空調定溫 24℃)，量測記錄環境溫度 27~34℃時，INER Low-E 膜節能 20.4%，市售 3M、i999 分別節能 5.5%及 3.8%。	(請參考 P53 頁附錄二圖十八，表一)
四、工業電漿技術及應用系統平台開發建置		
完成開發 VHF 長型式反應器，電漿區寬幅>1000 mm，射頻頻率 80 MHz，電漿密度 >10 ¹⁰ /cm ³ ，非均勻度 ±5%。	已完成放電區長度> 1 m 之 80 MHz 長型式電漿反應器的建立與放電測試，實驗結果顯示在近 1.20 m 之區域內所得放電非均勻度可達 ≤±5%之優異結果，且電漿密度>10 ¹⁰ /cm ³ 。	符合預期目標 (請參考 P55 頁附錄二圖十九)
完成大面積 600×600 mm ² 之 Showerhead 之流場分布模擬。	已完成 600×600 mm ² 之 Showerhead 流場分布模擬，氣體流道含多層結構，模擬結果顯示所設計的 Showerhead 可使孔洞出口之流速非均勻度<±5%。	符合預期目標
完成長線型寬幅 800 mm 之 showerhead 或	已完成長線型寬幅 >800 mm 之 Showerhead 流場分	符合預期目標 (請參考 P55 頁附錄二

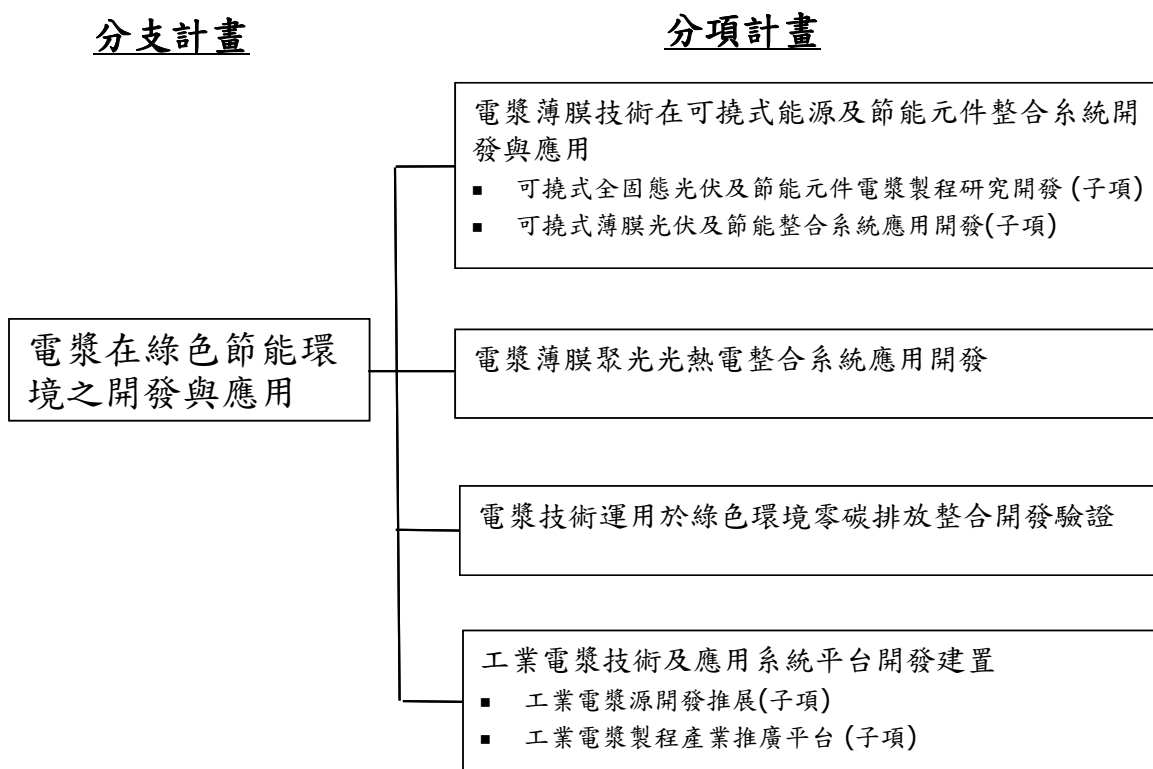
側向進氣之流場模擬。	布模擬，氣體流道共含 6 層結構，模擬結果顯示 Showerhead 孔洞出口之流速非均勻度 $\leq \pm 5\%$ 。	圖二十)
完成 Lagmuir Probe 和 OES 之電漿均勻度量測。	已完成 Langmuir Probe 和 OES 於真空腔體內之傳動機構設計與安裝，實驗結果顯示 VHF 長型式反應器於長度近 1.20 m 之區域內的非均勻度可達 $\leq \pm 5\%$ 之優異結果。	符合預期目標 (請參考 P55 頁附錄二圖十九)
完成非晶矽和微晶矽薄膜高壓耗竭製程 (1-10 Torr) 之電漿反應模擬。	以流體模型模擬矽烷/氫氣製程電漿，探討功率、矽烷氣體流量對於電漿特性、高階矽烷分子生成量之影響。在非晶矽沉積條件下之模擬結果顯示，提升功率時，因 SiH_2 粒子通量密度大幅地上升，高階矽烷粒子通量密度比有增加的趨勢。	符合預期目標 (請參考 P56 頁附錄二圖二十一，圖二十二)
完成建立非晶矽和微晶矽薄膜高壓耗竭製程之 OES 參考指標。	完成建立非晶矽和微晶矽薄膜高壓耗竭製程之 OES 參考指標，矽烷耗盡率會隨著功率上升而上升，約增加了 7%，而改變矽烷流量的情況下，矽烷耗盡率隨著流量增加而下降 1%。	符合預期目標 (請參考 P57 頁附錄二圖二十三)
完成製程飄移修正系統之靜態鍍膜測試。	OES 量測製程變化電漿放射光譜，固定 SiH_4 流量時改變氫氣流量 600~1400 sccm，當氫氣流量上升， Si^*/SiH^* 與 $\text{H}_\beta/\text{H}_\alpha$ 的變化趨勢一致。	符合預期目標 (請參考 P58 頁附錄二圖二十四，圖二十五)

完成 EC 節能元件電漿多重製程測試驗證批次量產型節能元件電漿多重製程系統。	以新穎陰極電弧電漿進行 EC 元件關鍵 WO_3 及 NiO 電致變色膜層製鍍，其中 WO_3 層可見光穿透變化率達 50% 以上， NiO 層達 22%。	符合預期目標 (請參考 P58，P59 頁附錄二圖二十六，圖二十七)
完成達成光電半導體級卷對卷薄膜節能元件整合型電漿製程系統平台驗證(適用至少三層複合膜一次連線到位，各膜層性能獨立線上動態監測調控，幅寬大於 400 mm，幅長大於 200 m，速率 0.5 至 10 m/min，精準度 1%)。	完成 R2R 電漿製程控制資料庫建立，並以模擬光譜訓練之類神經系統監控 R2R 鍍膜製程，在鍍製幅長 100m 多層膜情形下，各膜層線上可見光穿透率之誤差值在 2% 以內。動態速率 0.5 至 10 m/min，精準度 1%。	符合預期目標 (請參考 P59，P60 頁附錄二圖二十八，圖二十九)
開發 R2R 電弧/磁控複合製程設備技術，提供低成本節能膜整體解決方案，技轉推廣於民間產業，簽約金 2000 萬以上。 (指定績效目標)	全新開發 R2R 電弧電漿節能膜複合製程設備，世界首創，突破低溫塑材鍍膜之瓶頸，更具有設備單純及成本低廉之優勢，促成國內最大規模節能膜廠商○○與本所簽訂「卷對卷真空電弧電漿鍍製節能膜」技術授權及合作合約，簽約金 2500 萬。	符合預期目標 (請參考 P60，P61 頁附錄二圖三十，圖三十一)
利用 103 年自行研發之新穎雙駐波疊加 VHF 電漿源技術，開發工業級長線式 VHF PECVD 系統，電源頻率 80 MHz，鍍膜區長	已成功利用雙駐波疊加技術完成鍍膜區長度 >1 m 之 80 MHz 工業級長線型 VHF PECVD，實驗結果顯示鍍膜非均勻度可達 $\leq 10\%$ 之計畫目標。	符合預期目標 (請參考 P55 頁附錄二圖十九)

度> 1 m，鍍膜非均勻 度≤10%。(自提績效 目標)		
------------------------------------	--	--

二、架構(含樹狀圖)

本計畫全程自 102 年度起至 105 年度，為四年期程之計畫，發展與應用環境電漿技術，即電漿在清潔製程與節能產業技術開發與推展等重點。整體而言，本計畫包括『電漿薄膜技術在可撓式節能及能源元件整合系統開發與應用』、『電漿薄膜聚光光熱電整合系統應用開發』、『電漿技術運用於綠色環境零碳排放整合開發驗證』及『工業電漿技術及應用系統平台開發建置』等四分項計畫，其計畫架構如圖一所示。



圖一、電漿在綠色節能環境之開發與應用計畫架構圖

細部(分項)計畫		子項計畫(本所填分項計畫)		主持人	共同主持人	執行機關	說明
名稱	預算數/ (初編決算數) (千元)	名稱	預算數/ (初編決算數) (千元)				
電漿在綠色 節能環境之 開發與應用 (3/4)	54,945 (54,737)	電漿薄膜技 術在可撓式 節能及能源 元件整合系 統開發與應 用(3/4)	16,687 (16,654)		-	核能研究所	
		電漿薄膜聚 光光熱電整 合系統應用 開發(3/4)	8,102 (8,099)		-	核能研究所	
		電漿技術運 用於綠色環 境零碳排放 整合開發驗 證(3/4)	8,776 (8,751)		-	核能研究所	
		工業電漿技 術及應用系 統平台開發 建置(3/4)	21,380 (21,233)		-	核能研究所	

註：初編決算數=實支數+保留數=執行數

三、 主要內容

(一)內容

本年度為計畫之第三年，各分項計畫工作之發展重點項目如下：

1. 電漿薄膜技術在可撓式節能及能源元件整合系統開發與應用：

(1). 可撓式全固態節能薄膜電漿製程及其元件開發

- 完成紅外線阻擋率>90% (Low-E Film & EC)。
- 完成電驅動薄膜可見光穿透變化率>50%。
- 完成室內模組(PV)電壓>10V (PIPV 如平板電腦等)。
- 完成全固態薄膜蓄電池之模擬研究。

(2). 可撓式整合型全固態智慧節能薄膜元件及模組封裝技術開發

- a. 完成低銀膠模組成本之可撓式太陽能電池模組，節約銀膠用量達 50%。
 - b. 完成薄型化整合型自主型(PV+EC)光電驅動薄膜元件可見光穿透變化率 > 40%。
- 2. 電漿薄膜聚光光熱電整合系統應用開發：
 - (1). 聚光光熱電整合系統開發
 - a. 完成開發拋物面聚光光熱電整合系統，儲熱效率 50%。
 - b. 完成開發儲熱式熱電共生系統，熱電共生整合效率 35%。
 - (2). 光熱廢熱輔助節能系統開發

完成開發光熱廢熱輔助節能系統，整體能源效率 40%。
- 3. 電漿技術運用於綠色環境零碳排放整合開發驗證：
 - (1). 既有建築綠色節能整合改善之模擬評估
 - a. 完成模擬與驗證不同種類及效率之太陽能模組裝設於 054 館頂樓測試平台之發電量隨季節變化差異性，並評估整年經濟效益，提供選用或研發參考。
 - b. 完成模擬可隨太陽光強度調變其可見光穿透率之智慧節能窗模組之節能效率，並裝設於 054 館頂樓測試平台進行動態操作節能驗證，以加速推廣應用。
 - (2). 零碳排放示範系統環境建立與驗證

完成擴大零碳排放示範系統，驗證節能效果 > 10 %。
- 4. 工業電漿技術及應用系統平台開發建置：
 - (1). 工業電漿源開發推展
 - a. 完成開發 VHF 長型式反應器，電漿區寬幅 > 1000 mm，射頻頻率 80 MHz，電漿密度 > $1 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ ，非均勻度 $\pm 5\%$ 。
 - b. 完成大面積 $600 \times 600 \text{ mm}^2$ 之 Showerhead 之流場分布模擬。
 - c. 完成長線型寬幅 800 mm 之 showerhead 或側向進氣之流場模擬。
 - d. 完成 Lagmuir Probe 和 OES 之電漿均勻度量測。
 - e. 完成非晶矽和微晶矽薄膜高壓耗竭製程(1-10 Torr)之電漿反應模擬。
 - f. 完成建立非晶矽和微晶矽薄膜高壓耗竭製程之 OES 參考

指標。

g. 完成製程飄移修正系統之靜態鍍膜測試。

(2). 工業電漿製程產業推廣平台

a. 完成 EC 節能元件電漿多重製程測試驗證批次量產型節能元件電漿多重製程系統。

b. 完成達成光電半導體級卷對卷薄膜節能元件整合型電漿製程系統平台驗證(適用至少三層複合膜一次連線到位，各膜層性能獨立線上動態監測調控，幅寬大於 400 mm，幅長大於 200 m，速率 0.5 至 10 m/min，精準度 1%)。

(二)實際執行與原規劃差異說明

無

貳、經費與人力執行情形

一、經費執行情形

(一)經資門經費表 (E005)

單位：千元；%

	104 年度					105 年度 預算數	106 年度 申請數	備註
	預算數 (a)	初編決算數			執行率 (d/a)			
		實支數 (b)	保留數 (c)	合計 (d=b+c)				
總計	54,945	53,818	919	54,737	99.62%	55,890		
一、經常門小計	35,127	34,919	-	34,919	99.41%	39,192	-	業務費流出 3,300 千元
(1)人事費	-	-	-	-	-	-	-	
(2)材料費	14,667	-	-	-	-	15,192	-	
(3)其他經常支出	23,760	-	-	-	-	24,000	-	
二、資本門小計	19,818	18,899	919	19,818	100%	16,698	-	業務費流入： 3,300 千元
(1)土地建築	-	-	-	-	-	-	-	
(2)儀器設備	11,318	-	-	-	-	12,040	-	
(3)其他資本支出	5,200	-	-	-	-	4,658	-	

(二)經費支用說明

本所屬政府機構，預算需求係依照中央政府預算編製辦法及中央政府各機關單位預算執行要點等法規規定編列，年度計畫經費需求說明如下：

- 1.人事費用為公務預算由本所統籌編列，計畫書無需另行編列。
- 2.計畫執行所需經費需求分為「經常支出」及「資本支出」，經常支出除人事費以外之費用包括：材料費(如氣體、靶材、特殊材料、金屬耗材與其他消耗性物品)、其他費用(如水電費及清潔費、通訊費、委託研究費、房屋與設施養護費、一般事務費、國內外差旅費等多項用途)；資本支出除土地建築費以外之費用包括：儀器設備費如共通性之分析儀器，及為達成可撓式薄膜太陽電池及薄膜節能元件製程研發、工業電漿技術及應用系統平台開發建置、電漿薄膜聚光光熱電整合系統開發建置、電漿技術運用於綠色環境零碳排放整合測試開發等所需之相關設備等，其他費用如資訊設備硬體及軟體費、雜項設備、零組件與工具等。

(三)經費實際支用與原規劃差異說明

- 1.「環境與能源科技研究」計畫項下「電漿在綠色節能環境之開發與應用」分支計畫(71-01)，經常門業務費流出 3,300 千元流入資本門，作為「多腔卷繞式真空腔體及相關配合組件」新增購置項目之設備經費。
2. 整體計畫執行率為 99.62%，「真空及滾輪傳動整合控制系統製作」購案，受立法院凍結預算影響，致使履約完成日超過年度預算截止日，本案採分兩期付款：104 年 12 月 31 日完成第一階段驗收結報(\$1,881,505)，第二期款\$ 918,505 已辦理預算保留(105 年 1 月 27 日完成履約)。

二、計畫人力運用情形

(一)計畫人力結構 (E004)

計畫名稱	執行情形	104 年度							105 年度 總人力 (預算數)	106 年度 總人力 (申請數)
		研究員 級	副研究 員級	助理研究員 級	助理級	技術 人員	其他	總人力 (人年)		
<u>分支計畫</u>	原訂	1	13	26	10	—	—	50	50	—
電漿在綠色節能環境之開發與應用	實際	1	8.8	29.06	4	—	—	42.86	—	—
	差異	0	-4.2	+3.06	-6	—	—	-7.14	—	—
<u>分項計畫</u>	原訂	1	7	10	2	—	—	20	20	
電漿薄膜技術在可撓式節能及能源元件整合系統開發與應用	實際	0	3	13.4	1.2	—	—	17.6	—	—
	差異	-1	-4	+3.4	-0.8	—	—	-1.68	—	—
<u>分項計畫</u>	原訂	0	2	6	1	1	—	10	10	—
電漿薄膜聚光	實際	0	2	5.2	0.2	0	—	7.4	—	—

光熱電整合系統應用開發	差異	0	0	-0.8	-0.8	-1	—	-2.6	—	—
分項計畫	原訂	0	2	7	0	1	—	10	10	—
電漿技術運用於綠色環境零碳排放整合開發驗證	實際	0	1.0	7.6	0.4	0	—	9	—	—
	差異	0	-1.0	+0.6	+0.4	-1	—	-1	—	—
分項計畫	原訂	0	2	3	1	4	—	10	10	—
工業電漿技術及應用系統平台開發建置	實際	1	2.8	2.86	1	1.2	—	8.86	—	—
	差異	+1	+0.8	-0.14	0	-2.8	—	-1.14	—	—

(二)人力實際進用與原規劃差異說明

104 年度規劃投入研究人力 50 人年，實際投入人力 42.86 人年，預定與實際投入人力差異主要為單位人員有異動含退休、離職，在充份發揮人力配置下，不影響對計畫階段性目標的完成。

參、已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003) (系統填寫)

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
學術成就 (科技基礎研究)	A.論文	期刊論文	國內(篇)	10	2	10	-	發表期刊論文、國際性會議論文與國內會議論文，展現本所電漿及薄膜節能技術紮根之基石，有效支援應用研究推廣。	
			國外(篇)		5				
		研討會論文	國內(篇)		2				
			國外(篇)		8				
	B.合作團隊(計畫)養成	機構內跨領域合作團隊(計畫)數		-	1	-	-	各分項計畫均將建置專業實驗室，包括： 1. 電漿技術及電漿製程系統整合與鍍膜實驗室。 2. 全固態電漿薄膜製程及節能元件鍍膜實驗室。 3. 節能能源環境模擬評估及驗證實驗室。 4. 工業熱管技術研究實驗室。 5. 吸附式製冷技術研究實驗室。 6. 高溫儲熱技術研究實驗室。	
		跨機構合作團隊(計畫)數		3	5	3	-		
	C.培育及延攬人才	博士培育/訓人數		6	4	6	-	博士培訓 4 人，碩士 4 人，為國家培養下一代之研究人員。	
		碩士培育/訓人數			4				

屬性	績效指標類別	績效指標項目			104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
					原訂目標值	實際達成值				
	D1.研究報告	研究報告篇數			16	24	16	-	增進本所研發效益。	
技術創新 (科技技術創新)	G.智慧財產	申請中	國內	發明專利(件)	7	4	7	-	配合技術創新，申請多項專利，展現應用研發實力。	
			國外	發明專利(件)		5				
		已獲准	國內	發明專利(件)		11				
	H.技術報告及檢驗方法	新技術開發或技術升級開發之技術報告篇數			2	2	1	-	記載研發的歷程及標準作業程序，以利技術傳承；後續的研發可在既有的基礎上，繼續發揚光大。	
		新檢驗方法數			-	-	-	-		
	I2.參與技術活動	發表於國內外技術活動(包含技術研討會、技術說明會、競賽活動等)場次			3	8	3	-	提昇核研所在學術界之地位。	
	J1.技轉與智	技轉(含先期技術)國	件數		1	2	1	-	1. 與○○科技股份有限公司簽	創新世界

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
	財授權	內廠商或機構	金額(千元)	-	3,300	-	-	訂「塑料裂解爐廢熱利用節能評估」技術服務案，本案開發和利用熱虹吸熱管熱交換器回收裂解爐排氣廢熱，驅動吸收式熱泵產生 7°C 冰水，取代原冷卻水塔，增加油氣的潛熱移除量，使產量增加，先期技術收入 300 仟元。 2. 本所與○○公司技術合作開發暨技術授權案全程 8 年，開發 R2R 電弧/磁控複合製程設備技術，提供低成本節能膜整體解決方案，合作開發期暨技術輔導期 2 年，收取 2,200 萬元；技術授權期 6 年，其授權金暨權利金 300 萬元，總收入合計 2,500 萬元，研發成果運用收入 3,341,242 元上繳國庫。	<u>的電弧電漿鍍膜技術，為本所電漿技術歷年最大突破，讓高階節能膜低成本化，技轉國內最大節能膜東○公司，簽約金 2500 萬元。</u>
				-	-	-	-		
	S1. 技術服務 (含委託案及工業服務)	技術服務件數		2	3	2	-	技術服務(服務收入 500 千元)，有效提升產業界開發產品之技術能力。	
		技術服務家數		2	3	2	-		

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
		技術服務金額(千元)	-	500	-	-		
經濟效益 (經濟產業促進)	L.促成投資	促成廠商投資件數	1	3	1	-	可加速本計劃研究項目之應用推廣及達到技術實際與產業搭配之目標。	
經濟效益 (經濟產業促進)		促成研發投資金額(千元)	-	500	-	-		

屬性	績效指標類別		績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
業促進)	P.創業育成		新公司或衍生公司家數	1	1	1	-	本所與○○公司技術合作開發暨技術授權案全程 8 年，開發 R2R 電弧/磁控複合製程設備技術，提供低成本節能膜整體解決方案，簽約金 2,500 萬元。	
社會影響	社會福祉提升	R. 增加就業	廠商增聘人數	20	24	20	-	因計畫的執行，聘用計畫相關研發人力，以創造就業機會。	

104 年度計畫績效指標實際達成與原訂目標差異說明：

無

第二部分(自行上傳)

壹、主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

(填寫說明：請說明計畫所達成之主要成就與成果，以及其價值與貢獻度；若綱要計畫為多年期計畫，請填寫起始年累積至今之主要成就及成果之價值與貢獻度。)

一、學術成就(科技基礎研究)

- (一) 開發自主循環向下傳熱裝置：透過蒸氣壓力、重力與浮力的適當配置，構成逆流熱虹吸迴路，能夠自主循環且向下傳熱，可應用於地源熱泵空調系統，達到節能效果。成果寫成『可視化無泵兩相逆流熱虹吸迴路設計與測試』會議論文(INER-11705)，發表於2015 台灣熱管理協會年會暨技術成果發表會，獲得最佳論文獎。
- (二) 開發組裝可撓式全固態電致變色元件：針對自行研發之高分子固態電解質，搭配可撓式氧化鎢(WO_3)與氧化鎳(NiO)電致變色薄膜，組裝成一可撓式全固態電致變色元件，其穿透度變化率可達33.7%，並將此研究成果「A Flexible all-solid-state Electrochromic Device with Polymeric Crystal Composite Electrolyte and WO_3/NiO Complementary System」發表於 ISE 2015 國際電化學研討會(台灣/台北 2015/10/4~2015/10/9)。
- (三) 開發組裝固態電致變色元件：利用自行研發之紫外光(UV)固化型高分子固態電解質，搭配氧化鎢(WO_3)與氧化鎳(NiO)電致變色薄膜，組裝成一固態電致變色元件，其穿透度變化率可達45%，離子導電度為 $5.6 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$ ，並將此研究成果「A Flexible quasi-solid-state Electrochromic Device with Polymeric Electrolyte and WO_3/NiO Complementary System」發表於 MPT2015 材料工藝技術國際研討會(中國/上海 2015/7/19~2015/7/21)。
- (四) 全固態電致變色薄膜元件於節能光圈之應用進行先期驗證：本元件在結構組成上為單一基板之全固態電致變色薄膜元件結構，可輕易完成光圈圖案化，並避免液態封裝及有機材料所衍伸的劣化

問題。所製作元件於波長 633nm 穿透度變化率可達 82%，於 5.5V 電壓操作下，所需之電力僅為 16.75mW/cycle，為一節能之全固態光圈，並將此研究成果「All-solid-state electrochromic thin films for optical iris application」發表於 AMFPD-2015 國際研討會(日本/京都 2015/7/1~2015/7/3)。

- (五) 結合模擬與實驗，開發高頻電漿機台，提昇鍍膜均勻度：由數值模擬與實驗驗證雙管齊下，成功開發鍍膜長度 1.1 m 的 80 MHz PECVD，電漿源非均勻度 $< \pm 5\%$ ，Showerhead 流速非均勻度 $< \pm 1\%$ ，預期鍍膜速率可提昇 50%、電漿設備成本降低 50%，開創出下世代的電漿技術。HL Chen, YC Tu, CC Hsieh, DL Lin, CJ Chang, KC Leou, “Improving discharge uniformity of industrial-scale very high frequency plasma sources by launching a traveling wave,” **Current Applied Physics** (submitted, INER#35486).

二、技術創新(科技技術創新)

- (一) 創新獨特的卷對卷(R2R)電弧電漿鍍製節能膜技術，為本所電漿技術歷年最大突破，讓高階節能膜低成本化，技轉國內最大節能膜東○公司，簽約金 2500 萬元。
- (二) 類神經網路監控技術開發，R2R 鍍膜系統之膜厚誤差控制在 1% 以內：線上監控薄膜穿透光譜，經類神經網路學習後，即時測量 R2R 線上的膜層厚度，並主動調整製程參數，使 R2R 鍍膜系統的誤差控制在 1% 以內，乃○○技轉案中的關鍵技術之一。
- (三) 自退色之全固態無機型電致變色元件，讓智慧節能生活更方便：成功發展出無電壓驅動時、可自行退色至透明態之全固態無機型電致變色元件，相較現有的有機型電致變色元件，可免除昂貴的電路控制系統。與太陽能電池結合，可應用於自動感測變色型電致變色節能窗，低成本讓智慧節能生活更加可能。
- (四) 全固態電致變色薄膜元件於相機電子光圈及汽車後視鏡之應用，未來有望打入消費電子及車聯網產品：單一基板之全固態電

致變色薄膜元件結構，輕易完成光圈圖案化應用，避免傳統液態封裝及有機材料的劣化問題，元件具高穿透度變化率 82% @ 633 nm，僅需 16.75 mW 即可驅動，為一節能產品，未來可應用於消費型電子產品如相機鏡頭，亦可應用於後視鏡防炫光等用途。

(五) 藍芽無線控制曲面型變色隔熱鏡片，上市可期：完成持色型電致變色元件之關鍵 UV 固化型電解質材料封裝驗證，以此技術進行曲面型變色隔熱鏡片之應用測試，所得之可調控光穿透度範圍可達 34%，獲國內廠商興趣合作開發出藍芽無線控制曲面型變色隔熱鏡片產品雛形，預期可應用於智慧節能窗上。

(六) 積極專利布局高能量密度之全固態薄膜鋰電池元件，技術成熟後商機可期：全台唯一完成全固態薄膜鋰電池元件之製作，能量密度為傳統鋰電池的 3 倍，獲 2015 年台北國際發明暨技術交易展之發明競賽金牌獎，布局多國專利：已獲中華民國專利(I485905)一件，另中華民國(104128426)、美國(14/505,249)、歐盟(5153387.4)、日本(2015-001009)等多國專利審查中各一件。

三、經濟效益(經濟產業促進)

(一) 本所與○○公司技術合作開發暨技術授權案全程 8 年，開發 R2R 電弧/磁控複合製程設備技術，提供低成本節能膜整體解決方案，合作開發期暨技術輔導期 2 年，收取 2,200 萬元；技術授權期 6 年，其授權金暨權利金 300 萬元，總收入合計 2,500 萬元，研發成果運用收入 3,341,242 元上繳國庫。

(二) 針對可撓式電漿濺鍍電致變色薄膜技術，與○○○公司簽訂「電漿鍍製電致變色薄膜元件開發研究」技服案，開發多階調控之光學穿透度智慧型太陽能眼鏡應用，除展現電致變色膜於現有穿戴裝置應用之靈活性外，未來以此無線驅動技術為基礎，加速電致變色節能膜於現有居家窗戶應用之接受度，先期技術收入 100 仟元。

(三) 與○○公司簽訂「感光元件製作開發及電性分析」保密協議，針

對本所開發之可撓式薄膜太陽能電池技術進行感測器應用之評估。並藉由感測元件與顯示器之整合，使顯示器可依所處環境調變明亮程度達成實際節能效益。

- (四) 與○○科技股份有限公司簽訂「塑料裂解爐廢熱利用節能評估」技術服務案(104.2.1~104.7.31)，本案開發和利用熱虹吸熱管熱交換器回收裂解爐排氣廢熱，驅動吸收式熱泵產生 7°C 冰水，取代原冷卻水塔，增加油氣的潛熱移除量，使產量增加，先期技術收入 300 仟元。
- (五) 與○○公司簽訂「漿鍍製功能型薄膜開發研究」技服案，電漿鍍製功能型薄膜於不銹鋼基材，加速電漿鍍膜製程技術應用之推廣，先期技術收入 100 仟元。

四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

- (一) 電弧電漿製程創新突破鍍製高階隔熱膜並通過驗證，促成國內最大規模節能膜廠商○○與本所於雲林斗六新廠簽訂技術授權及合作合約。本技術使整體製程單純化，大幅降低成本，有利建築物、汽車高性能隔熱膜貼膜普及化，協助節能政策推動。
- (二) 10 月於台北世貿舉行之「2015 台北國際發明暨技術交易展」，針對可撓式薄膜全固態鋰電池元件進行展示，展現出本計畫在全固態鋰電池領域的技術能量。並且成功結合太陽能電池(PV)所產生之環保電力驅動可撓式電致變色元件，提供發電、感測及節能一體化之智慧型電致變色元件於智慧節能家庭應用之電源解決方案，可以說是未來的智慧節能家庭與物聯網時代最佳的電源裝置系統。
- (三) 整合本所可撓式電漿濺鍍電致變色薄膜技術，搭配○○○公司之無線驅動方式，呈現多階調控之光學穿透度智慧型太陽能眼鏡應用雛形，除展現電致變色膜於現有穿戴裝置應用之靈活性外，未來以此無線驅動技術為基礎，提供無需佈線之電致變色智能窗應用，加速電致變色節能膜於現有居家窗戶應用之接受度。

- (四) 與國內○○光電合作藉由感測元件與顯示器之整合，使顯示器可依所處環境調變明亮程度達成實際節能效益，預估可節省的顯示器用電力達 40%。

五、其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)

- (一) 完成面積為 20×20 mm 的可撓式薄膜全固態鋰電池元件 (SS/LiMn_{1.9}Al_{0.1}O₄/LiPON/Li and SS/LiCoO₂/LiPON/Li)之製作，其單位體積放電電容量 1790 Wh/L 和 1460Wh/L 為一般鋰電池的 3 倍以上，在單位體積放電電容量方面皆超越國外的廠商與研究單位。並且成功結合太陽能電池(PV)所產生之環保電力驅動可撓式電致變色元件，提供發電、感測及節能一體化且無需外加電源之智慧型電致變色元件於智慧節能家庭應用之解決方案。參加 2015 年台北國際發明暨技術交易展競賽組展出，並得到金牌獎與廠商熱烈回響。
- (二) 藉由參加研討會安排參訪日本 AIST 名古屋分部，由於 AIST 於日本約有 10 個分部，總部位於東京，各分部依據當地的產業屬性進行研發，該分部有 100 多名研發人員，所拜訪之單位以隔熱材料主要的研發重點，而在該地區為豐田的汽車產業研發中心，包含先進的氫能車開發，因此 AIST 名古屋分部配合當地產業屬性發展相關的材料及應用，本次參訪與光熱制御研發部山田組長、首席研究員吉村博士、研究員胡博士等人針對進行電致變色節能領域研發交流，後續將針對可行合作之議題進行合作開發評估。

貳、跨部會協調或與相關計畫之配合

- 一、未來擬藉由技術服務等合作形式持續與國內光電大廠針對現有電致變色所使用之金屬氧化物薄膜，進行結合有機及無機材料之前瞻

複合型元件之開發，突破目前有機元件應用瓶頸，提升現有光電產品性價比。

- 二、與具無線控制電路驅動設計能力之廠商及學研單位進行技術合作，發展可結合居家智能應用之智慧型電致變色窗控制技術。

參、檢討與展望

- 一、卷對卷(R2R)電弧/濺鍍電漿鍍製頂級隔熱節能膜技術(內含彩色隔熱膜、Low-E 隔熱膜及電致變色(EC)膜等)，突破技術障礙，成為全球獨創之節能膜生產技術。本年度已完成彩色及 Low-E 等隔熱膜之技轉簽約，技轉廠商(東○公司)兼具生產及全球 100 個以上銷售點，產品侷限低階市場，產值不及全球百分之一，目前雙方緊密配合，積極合作，共同朝向翻轉搶佔全球高階市場邁進。未來，電致變色(EC)膜期望比照相同技轉模式，運用卷對卷電弧/濺鍍電漿鍍製平台，導入量產，大幅降低成本。
- 二、持續整合輕薄可撓曲之 PV、EC、TFB、Low E 等薄膜成為智慧型之關鍵薄膜節能元件，使發電、感測、顯示、節能等功能一體化，應用於智慧生活與車聯網領域，並與業界先期合作開發，進行初步功能驗證與技轉評估，極具挑戰性。目前開發中之智慧節能元件包括智慧儲電節能顯示器、智慧變色窗、智慧太陽能眼鏡及智慧電子光圈等高附加價值產品。
- 三、持續開發可撓式固態薄膜鋰電池的新創製程、電極結構與封裝方式，構成完整專利佈局，並與國內半導體及面板廠商合作，開發太陽光電、熱電和壓電的環境能源獵能器，提供物聯網之自供電無線感測器系統的關鍵電源組件。

四、持續建立智慧熱管餘熱回收節能關鍵技術，以及驗證逆流熱虹吸回路技術於空調系統的節能效益，並向耗能和空調產業推廣。

填表人：_____

主持人或主管簽名：_____

附錄一、佐證資料表

(請選擇合適之佐證資料表填寫，超過1筆請自行插入列繼續填寫，未使用之指標資料表請刪除)

計畫名稱：電漿在綠色節能環境之開發與應用

【A 學術成就表】

中文/英文題名	第一作者	發表年(西元年) (所內登錄編號日期)	文獻類別
可視化兩相逆流熱虹吸迴路設計與測試		2015/5/1	a
穿戴式產品之可撓式全固態薄膜鋰電池		2015/9/30	a
兩相逆流熱虹吸循環啟動運轉		2015 /9/23(EI)	c
小型空調箱之熱轉換與管理		2015/7/6(SCI)	d
Dowtherm-A 燒結熱管製造與性能測試		2015/7/6(SCI)	d
在有記憶現象的熱壓縮環境場中可增強量子非局域性質		2015/7/16(SCI)	d
藉由產生行進波改善工業級超高頻電漿反應器之放電均勻度		2015/10/15(SCI)	d
逆流熱虹吸迴路於地源熱泵系統之可行性分析		2015/1/22	e
可視化無泵兩相逆流熱虹吸迴路設計與測試		2015/5/6	e
嶄新熱虹吸地源熱交換器		2015/1/21	f

Light trapping effect of aluminum back reflector on stainless steel substrate for a-Si solar cell (鋁背反射器在不銹鋼基板的 a-Si 太陽能電池的光伏獲效應)		2015/3/16	f
住宅用途潛熱儲存式地源熱泵的嶄新設計		2015/10/20	f
具大尺寸預熱蓄壓器之逆流熱虹吸操作特性研析		2015/9/21	f
可視化逆流熱虹吸性能分析		2015/10/19	f
熱能轉換與配置於小型空調箱之性能分析		2015/10/19	f
可撓式擬固態電致變色元件基於高分子電解質與氧化鎢/氧化鎳之互補式系統		2015/9/23	f
可視化無泵兩相逆流熱虹吸回路設計與測試		2015/10/12	f

註：文獻類別分成 a 國內一般期刊、b 國內重要期刊、c 國外一般期刊、d 國外重要期刊、e 國內研討會、f 國際研討會、g 著作專書

【B 研究團隊表】

團隊名稱	團隊所屬機構	團隊性質	成立時間(西元年)
電漿技術及電漿製程系統整合團隊	1. 核研所物理組 2. 清華大學工科系	b	2011
全固態電漿薄膜製程及節能元件設計團隊	1. 核研所物理組 2. 中山大學物理系及光電材料系 3. 交通大學光電系 4. 逢甲大學材料科學與工程學系	b	2012

	5. 國立高雄應用技大學模具系 6. 國內光電大廠		
節能能源環境模擬評估及驗證團隊	1. 核研所物理組 2. 成大建築系 3. 國內節能膜量產廠商	b	2013
工業熱管技術研究團隊	1. 核研所物理組 2. 淡江大學機電系	b	2014
吸附式製冷技術研究團隊	1. 核研所物理組 2. 中央大學機械系	b	2014
高溫儲熱技術研究團隊	1. 核研所物理組 2. 核研所燃材組	a	2015

註：團隊性質分成 a 機構內跨領域合作、b 跨機構合作、c 跨國合作、d 研究中心、e 實驗室

【C 培育人才表】

姓名	學歷	機構名稱	指導教授
○○○	a	國立臺灣大學	
○○○	b	國立臺灣大學	
○○○	a	國立中山大學	
○○○	a	國立中山大學	
○○○	a	私立淡江大學	
○○○	b	中央大學機械系	
○○○	b	國立成功大學	

○○○	b	國立清華大學	柳克強
-----	---	--------	-----

註：學歷分成 a 博士、b 碩士

【D 研究/技術報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年（西元年） （所內登錄編號日期）	出版單位
以銅銦鎳三元合金靶配合無毒硒化製程製作銅銦鎳硒太陽能電池		2015/1/8	核能研究所
不同太陽輻射熱取得率之窗玻璃對北台灣建築物的節能效率模擬研究		2015/1/6	核能研究所
先導型捲揚式電漿鍍膜裝置功能推升探討		2015/1/8	核能研究所
電致變色元件與薄膜電晶體元件之製程整合特性研究		2015/1/28	核能研究所
提升可撓式太陽能電池模組效率之研究		2015/1/27	核能研究所
太陽能聚光中溫熱管之開發		2015/1/27	核能研究所
捲對捲式濺鍍低輻射膜的精密光學監控系統研發		2015/1/28	核能研究所
超高頻矽烷/氫氣電容式電漿模擬計算分析之研究		2015/3/11	核能研究所
“可撓式全固態節能薄膜元件製程技術先期參與”結案報告		2015/2/4	核能研究所
高功率脈衝磁控濺鍍低溫製品評估案結案報告		2015/3/20	核能研究所

零能源屋之節能研究		2015/9/2	核能研究所
太陽熱能於無塵室空調箱節能應用		2015/9/11	核能研究所
應用類神經網路於磁控濺鍍系統沉積薄膜之膜厚監控		2015/10/12	核能研究所
全固態電致變色元件製作與其研究		2015/10/13	核能研究所
捲揚式系統光發射光譜儀回饋控制沉積 Low-E 薄膜技術研究		2015/10/14	核能研究所
真空電弧電漿機制之理論模擬研究		2015/10/26	核能研究所
固態電解質薄膜(LiPON)鍍膜實驗討論		2015/10/26	核能研究所
新穎元件-類人眼光感測器之評估與實驗		2015/10/26	核能研究所
非晶矽薄膜對矽晶片表面鈍化效果的優化和其矽異質接面太陽電池的應用		2015/10/27	核能研究所
台灣區商辦建物的遮陽與採光節能對整體節能效益的影響		2015/10/27	核能研究所
吸附式製冷設備及其吸附劑之初探		2015/10/28	核能研究所
大面積全固態電致變色元件之製程研究		2015/10/30	核能研究所
高頻 27.12MHz 磁控濺鍍技術製備鋰鈷氧正極薄膜電池之研究		2015/10/30	核能研究所
薄膜型振動能量收集元件之分析、		2015/10/14	核能研究所

設計與製作			
-------	--	--	--

【G 智財資料表】

專利名稱	發證/申請日期	專利類別	授予國家	有效日期 (YYYYMM)
氮化薄膜應用於全固態電致變色(EC)元件結構及其製程方式	103.11.11	a	a	103.11.11~ 120.11.07
一種製作微晶矽薄膜的方法	103.12.11	a	a	103.12.01~ 120.10.27
製作彩色型可撓式薄膜太陽能電池之方法	104.01.21	a	a	104.01.21~ 120.10.13
一種新穎的堆疊式奈米晶矽薄膜太陽能電池結構	104.06.01	a	a	104.06.01~ 119.08.19
可撓式光伏-電致變色二次薄膜太陽能電池及其製造方法	104.04.01	a	a	104.04.01~ 121.10.15
一種用於連續型鍍膜設備之污染驗證方法及其結構	104.02.11	a	a	104.02.11~ 121.10.18
微晶矽薄膜的太陽能電池元件及其製程方法	104.02.21	a	a	104.02.21~ 121.10.11
薄膜電池結構及其製作方法	104.05.21	a	a	104.05.21~ 123.07.17
光電元件之可撓性電極封裝結構	104.08.21	a	a	104.08.21~ 122.10.24
一種薄膜光伏裝置及其製造方法	104.08.21	a	a	104.08.21~ 118.10.19
具有改良的光捕捉結構之太陽能電池	104.09.21	a	a	104.09.21~ 119.06.21
製備具週期奈米銀岔支狀結構之光捕捉層的方法	104.02.03	a	b	申請中

薄膜電池結構及其製作方法	104.01.06	a	d	申請中
薄膜電池結構及其製作方法	104.01.31	a	c	申請中
微晶矽薄膜的太陽能電池元件及其製程方法(分案)	104.03.11	a	b	申請中
卷對卷模組化電漿複合製程設備	104.08.06	a	a	申請中
真空鍍膜裝置	2015/8/7	a	b	申請中
多晶粒電極製造方法	2015/8/28	a	a	申請中
雙面式全固態薄膜鋰電池及其製作方法	2015/8/28	a	a	申請中
全固態電致變色光閥裝置及其製造方法	2015/9/8	a	a	申請中

註：專利類別分成 a 發明專利、b 新型新式樣、c 商標、d 著作、智財；授予國家分成 a 中華民國、b 美國、c 歐洲、d 其他

【H 技術報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年（西元年） （所內登錄編號日期）	出版單位
電漿鍍膜育成實驗室關機與開機標準作業程序		2015/10/15	核能研究所
熱管熱交換器設計		申請中	核能研究所

【I 技術活動表】

技術論文名稱	研討會名稱	性質	舉辦日期 (YYYYMMDD)
A Novel Thermosyphon for Ground Heat Exchanger (嶄新熱虹吸地源熱交換器)	Grand Renewable Energy 2014 International Conference and Exhibition	b	2014/07/27-2014/8/1
可視化無泵兩相逆流熱虹吸迴路設計與測試	2015 台灣熱管理協會年會暨技術成果發表會	a	2015/4/15

逆流熱虹吸迴路於地源熱泵系統之可行性分析	2014 年能源與冷凍空調學術研討會	a	2014/10/4
All-solid-state electrochromic thin films for optical iris application	AMFPD-2015 國際研討會	b	(日本/京都 2015/7/1~201/7/3)
A Flexible quasi-solid-state Electrochromic Device with Polymeric Electrolyte and WO ₃ /NiO Complementary System	MPT2015 材料工藝技術國際研討會	b	(大陸/上海 2015/7/19~2015/7/21)
A Flexible all-solid-state Electrochromic Device with Polymeric Crystal Composite Electrolyte and WO ₃ /NiO Complementary System	ISE 2015 國際電化學研討會	b	(台北國際會議中心) (台灣電化學學會) (2015/10/4~2015/10/9)
Island structure of lithium manganese oxide spinel (LiMn ₂ O ₄) for all-solid-state thin film lithium batteries	66th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry 會議	b	(台北國際會議中心) (台灣電化學學會) (2015/10/4~2015/10/9)
Lithium manganese oxides as high volumetric-capacity thin film cathode for lithium batter	New Devices for Energy Conversion and Storag	b	(香港科技大學) (2015/10/1~2015/10/3)

註：性質分成 a 國內研討會、b 國際研討會

【J 技術移轉表】

技術名稱	類別	授權單位	被授權廠商或機構
利用低階熱能產生電力及冷凍之裝置與方法	a	核能研究所	○○科技股份有限公司
「卷對卷電漿鍍製節能薄膜整體解決方案」合作開發暨技術授權	c	核能研究所	○○工業股份有限公司

註：類別分成 a 先期技術移轉、b 軟體授權、c 技術移轉、d 新技術/新品種引進數

【S 技術服務表】

技術服務名稱	服務對象名稱	服務對象類別	服務收入(千元)
塑料裂解爐廢熱利用節能評估	○○科技股份有限公司	a	300

電漿鍍製功能型薄膜開發研究	○○股份有限公司	a	100
電漿鍍製電致變色薄膜元件開發研究	○○○有限公司	a	100

註：服務對象類別分成 a 國內廠商、b 國外廠商、c 其他

附錄二、佐證圖表

本段落屬機密性內容，故不公開