

政府科技計畫績效評估報告

計畫名稱：新能源技術之發展與應用

執行期間：自 96 年 1 月 至 96 年 12 月

執行單位：核能研究所

(群 組) (領 域)

評估委員：林清發、顏溪成、楊盛行、洪銘輝
林大惠、唐宏怡、劉志放、黃博治
陳文義、尹學禮

主管機關：行政院原子能委員會

中華民國 97 年 3 月 30 日

政府科技計畫績效評估報告

目 錄

第一部份：科技計畫成果績效評估報告

壹、執行之內容與原計畫目標符合程度

計畫執行與規劃目標內容符合。

貳、已獲得之主要成就與成果(outputs) 滿意度

新能源與再生能源技術研究之總目標含建立燃料電池、太陽電池、及纖維素產製生質酒精等關鍵技術，可落實溫室氣體減量、節約能源及推動能源新利用技術研發與應用之策略。

參、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (impacts)

一、學術成就之評述(科技基礎研究)

量化評述(分數高者為優)：

☐10 ☐9 ☒8 ☐7 ☐6 ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1

質化評述：

完成論文含申請及發表共 28 篇，會議論文 16 篇，研究報告 63 篇。

二、技術創新成就之評述(科技整合創新)

量化評述(分數高者為優)：

☐10 ☒9 ☐8 ☐7 ☐6 ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1

質化評述：

白金量子點敏化太陽電池之研究，及利用已建立之單接面非晶矽薄膜太陽電池技術能量等 53 件專利技術。

三、經濟效益之評述(產業經濟發展)

量化評述(分數高者為優)：

☐10 ☐9 ☒8 ☐7 ☐6 ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1

質化評述：

目前量子點太陽電池仍處於前瞻性基礎研究階段，深具未來經濟的潛力。

四、社會影響之評述(民生社會發展、環境安全永續)

量化評述(分數高者為優)：

☐10 ☐9 ☒8 ☐7 ☐6 ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1

質化評述：

量子點敏化太陽能電池造價便宜，待技術躍進，以增加穩定性及降低成本。

五、其它效益之評述(科技政策管理及其它)

量化評述(分數高者為優)：

☐10 ☐9 ☒8 ☐7 ☐6 ☐5 ☐4 ☐3 ☐2 ☐1

質化評述：

配合國家節能科技發展政策，開發低成本與高效率的創新型固態光源。

(10:極優 9:優 8:良 7:尚可 6:可 5:普通 4:略差 3:差 2:極差 1:劣)

肆、與相關計畫之配合程度

- 一、分項計畫間相互支援，使研發資源獲得最有效的運用，例如：「量子點太陽電池技術研發」及「量子點發光元件之開發研究」，其瓶頸技術可互相為用，「電力控制管理技術及環境建構」亦需其他各分項的配合，使計畫目標得以如期如質達成。

- 二、「燃料電池發電系統」與「核能技術在奈米科技之發展與應用計畫」之「SOFC 奈米級粉料及其效能研究」分項計畫密切配合，其所開發研製之電池片，由本計畫協助進行測試、分析，以精進電池片效能。目前該計畫已開發出 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 之電池片，後續將提供給本計畫做為電池堆組裝、測試之用。
- 三、「生質能源轉換系統」配合經濟部標檢局之生質酒精標準發展計畫，完成酒精汽油研發所用之各種料源、產量及品質檢測項目規劃，並協助完成國內生質酒精規範之訂定，促成國內酒精汽油之推廣工作。

伍、計畫經費及人力運用的適善性

一、計畫經費

單位：元

項目 會計科目	預算數	執行數	差異	評估說明
一、經常支出				
1.人事費				
2.業務費	90,601,000	88,075,980	2,525,020	業務費流出 2,389,408 元
3.差旅費				
4.管理費				
5.營業稅				
小計	90,601,000	88,075,980	2,525,020	業務費流出 2,389,408 元
二、資本支出	129,381,000	131,770,273	-2,389,273	業務費流入 2,389,408 元
小計	129,381,000	131,770,273	-2,389,273	
合計	219,982,000	219,846,253	135,747	

二、人力運用：

規劃人力與實際投入人力有些許消長，其原因為例行人事異動造成，由於差異性不大，在整體人力資源上，藉由相互支援，克服這項人力缺口，所以整體計畫之推展，仍屬順利。

陸、後續工作構想及重點之妥適度

一、量子點太陽電池技術研發

量子點太陽電池目前設定為一長期性的基礎性研究項目，依本所規劃，已調整至 98 年度二期國家奈米計畫，故此分項計畫自 97 年度起調整為『磊晶矽太陽電池之技術研發』。由於目前與預期未來之 10-20 年，矽太陽電池仍將是市場主流，開發高效率與低成本之矽太陽電池是全球產業努力的目標。因此，97 年度本計畫選擇低製作成本之冶金級矽為基板，及薄膜磊晶矽為吸光層，未來進一步將結合矽量子點技術，將高能量光子轉換成低能量光子，低能量光子能有效被矽吸光層所吸收，產生有效的電子-電洞對，獲得高效率與低成本之矽太陽電池。

二、生質能源轉換系統

- (1) 建立稻草、芒草之水熱前處理設備，總糖轉化率達 60 %以上。
- (2) 建立 Bench-scale 級之同步糖化及發酵程序 (SSF)，轉化率提昇至 75 %以上。
- (3) 應用基因工程技術提昇木糖發酵之酒精產率。
- (4) 建立酒精產氫觸媒重組器系統產氣中一氧化碳抑制技術，使產氣中一氧化碳濃度降低至 100 ppm 以下；完成 2 kW SOFC 用移動式酒精產氫系統設計及耐久性能測試。

三、燃料電池發電系統

- (1) 玻璃陶瓷封裝材料高溫接著長期穩定性提昇、高溫熱循環測漏試驗、開發封裝材料一體成型製程。
- (2) 精進 kW 級電池堆組裝技術，提昇電池堆功率、小型

化、輕量化、通過耐久性測試、提高燃料使用率、及簡化組裝程序等，以達到成本降低之目標。

- (3) 建立 2 kW SOFC 發電系統、設計密集式發電裝置，評估 25 ~ 50 kW 發電模組建造能力。

四、量子點發光元件之開發研究

97 年度起量子點發光元件之開發研究與量子點太陽電池技術研發等兩分項計畫將整併為磊晶矽太陽電池之技術研發分項計畫，本計畫開發之矽量子點/氮化矽薄膜材料，可應用到矽薄膜太陽電池，開發高效率矽太陽電池。

五、電力控制管理技術與環境建構

後續計畫規劃將著重於增強電能轉換器效率，及推廣新能源應用至數百 kW 容量之微電網(Micro Grid)應用。

柒、綜合意見

- (一)、本計畫已執行至全程 5 年計畫之第 3 年，計畫內容應更加以聚焦，讓具有產業發展潛力之項目充分獲得資源。
- (二)、計畫成果之檢討，應著重在成本效益分析，並加強產學合作，提升產業發展價值。
- (三)、計畫執行過程中若目標有所變動，應有充足之理由分析，同時對整體發展策略，要有 Road Map，才可適時掌握關鍵點。
- (四)、核研所之資產為國家公共財，該所已規劃對外（學術界）開放實驗室或其他設備的機制，可共同培育未來相關人才，值得肯定。
- (五)、在進行經濟或成本相關策略分析時，建議核研所可借重國內經研單位（如中經院、台經院）專家人力，以達到互補的效果。

捌、總體績效評量

☐極優 ☐優 ☒良 ☐尚可 ☐可 ☐普通 ☐略差 ☐差

第二部分：政府科技計畫成果效益報告

壹、基本資料

計畫名稱：新能源技術之發展與應用

主持人：李瀛生

審議編號：96-2001-03-04-00-00

計畫期間(全程)：94年4月1日至98年12月31日

年度經費：219,982(另95年度保留款9,563)千元 全程經費規劃：1,209,673千元

執行單位：核能研究所

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的

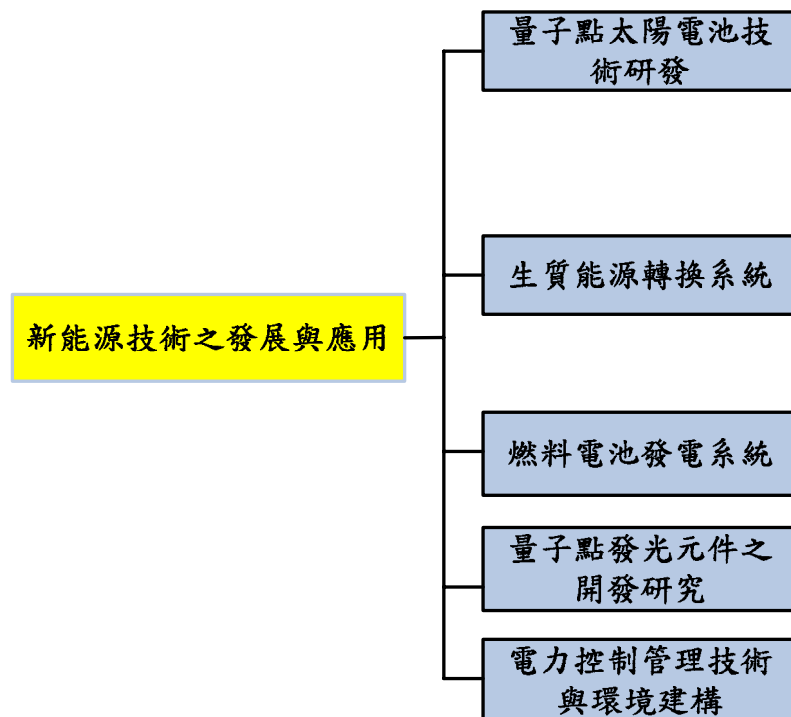
本所投入能源科技研發致力新能源與再生能源技術研究之總目標係在建立燃料電池、太陽電池、及纖維素產製生質酒精等關鍵技術，包括：

1. 進行量子點敏化太陽電池開發，能量轉換效率達9%以上，並且建立太陽電池測試平台。在奈/微米矽晶太陽電池方面，階段性目標為在2010年底以前，將奈/微米矽晶太陽電池轉換效率達8%以上。
2. 建立纖維素產製生質酒精技術及結合生質酒精重組器提供kW級SOFC發電示範系統使用。
3. 發展kW SOFC電池堆組裝技術，並建立2kW SOFC示範發電系統，長期可靠度測試及衰減率小於0.5%/1,000小時。
4. 開發創新的固態型量子點薄膜可見光光源，階段性目標為在2010年前，能達到外部量子效率為1%或發光效率為15 lm/W之水準。
5. 開發新能源電力控制管理技術與環境建構，推動新能源穩定有效的電力應用。

以上計畫之推動，將有助於達成國家科學技術發展計畫總目標之第二、三、四項，即創造產業競爭優勢、增進全民生活品質及促進國家永續發展之目標；並可落實溫室氣體減量、節約能源及推動能源新利用技術研發與應用之策略。

二、計畫架構(含樹狀圖)

本計畫涵括：量子點太陽電池技術研發、生質能源轉換系統、燃料電池發電系統、量子點發光元件之開發研究、電力控制管理技術與環境建構等五分項計畫。



三、計畫主要內容

(一) 量子點太陽電池技術研發

- 1.建立第三代太陽電池之材料與結構基礎研究及理論分析技術。
- 2.建立太陽電池可靠度評估技術與測試平台。

(二) 生質能源轉換系統

- 1.評估蒸氣爆裂與氨水爆裂法之前處理效率及爆裂法對後續纖維酵素水解之影響，並進行六碳糖併同水解及發酵程序研發。
2. 1 kW SOFC 用移動式酒精重組產氫系統耐久性測試。

(三) 燃料電池發電系統

- 1.發展 kW 級 SOFC 電池堆組裝技術。
- 2.SOFC 系統技術之發展與應用，進行 2 kW SOFC 系統組裝設

計；以 CFD 程式分析單片電池及電池堆之熱流、電化學及熱應力特性；並研究各種運轉之穩態及暫態條件下，電池堆之耐久特性及劣化機制。

(四) 量子點發光元件之開發研究

1. 建立研製量子點之高溫與低溫等製程技術。
2. 開發量子點可見光螢光薄膜材料，獲得新固態光源。

(五) 電力控制管理技術與環境建構

1. 整合本所開發之新能源，開發新能源電能管理技術，建構新能源應用與展示平台，推動產業應用。
2. 進行專利佈局，推動新能源計畫整合與協調。

參、計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形：(金額單位：元)

項目 會計科目		預算數(執行數)			備註
		主管機關預算 (委託、補助)	自籌款	合計	
				金額(元) 占總經費%	
一、經常支出					
1.人事費					
2.業務費		90,601,000		88,211,592 (88,075,980)	40.10 % (40.04 %)
3.差旅費					
4.管理費					
5.營業稅					
小計		90,601,000		88,211,592 (88,075,980)	40.10 % (40.04 %)
二、資本支出					
1.設備費		129,381,000		131,770,408 (131,770,273)	59.90 % (59.90 %)
小計		129,381,000		131,770,408 (131,770,273)	59.90 % (59.90 %)
合計	金額	219,982,000		219,982,000 (219,846,253)	100% (99.94%)
	占總經費%	100%		100% (99.94%)	

請將預算數及執行數並列，以括弧表示執行數。

與原計畫規劃差異說明：無

二、計畫人力

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
李瀛生	主持人	6 人月 計畫管理	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	材料科技
籃山明	共同 主持人	12 人月 量子點太陽電池 計畫主持人	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	光電半導體元件物理

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
黃文松	共同 主持人	5 人月 計畫管理	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	原子能工程
李堅雄	共同 主持人	7 人月 燃料電池 發電系統	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	原子能工程
楊村農	共同 主持人	12 人月 量子點發光元件 開發計畫	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	加速器技術與應用、核能與光電材料
徐獻星	共同 主持人	5 人月 電力規劃	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	控制，原子能
謝宏明	協同 主持人	12 人月 量子點理論模擬	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	分子動力學、反應器物理
林金福	協同 主持人	12 人月 連接板及封裝材料	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	材料科技
李瑞益	協同 主持人	10 人月 電池堆組裝、模 擬、測試	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	原子能工程
黃維屏	協同主持 人	12 人月 SOFC 發電系統	學 歷	碩士
			經 歷	副研究員
			專 長	機械工程
陳孟炬	工程師	12 人月 太陽電池元件設 計、成長、分析與 效能提昇	學 歷	博士
			經 歷	國防役
			專 長	光電半導體元件物理與技術
陳盈汝	助理	5 人月	學 歷	碩士

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
	工程師	半導體元件製程	經 歷	助理工程師
			專 長	光電半導體元件
黃昱翔	副工程師	12 人月 元件製程	學 歷	碩士
			經 歷	國防役
			專 長	光電材料特性量測、元件製程
邱家信	技術員	5 人月 模組元件測試	學 歷	專科
			經 歷	技術員
			專 長	電子電機
鍾人傑	副研究員	5 人月 TiO ₂ 漿料合成及 薄膜製備研究	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	化學化工程序、奈米技術、廢水處理
邱垂煥	助理 研究員	10 人月 TiO ₂ 漿料合成及 薄膜製備研究	學 歷	碩士
			經 歷	助理研究員
			專 長	化工
劉玉章	工程師	12 人月 電極合成及薄膜 研製	學 歷	博士
			經 歷	國防役
			專 長	奈米觸媒材料合成及反應工程、電極合成及 cell 組裝製備、高分子封裝
黃朝偉	副工程師	12 人月 薄膜研製	學 歷	碩士
			經 歷	國防役
			專 長	光觸媒製備
石淑敏	技術員	5 人月 二氧化鈦漿料配製	學 歷	專科
			經 歷	技術員
			專 長	化學實驗、儀器分析
陳哲男	技術員	5 人月 化學分析及實驗	學 歷	高職
			經 歷	技術員
			專 長	化學分析、化學實驗
馬維揚	助理 研究員	12 人月 設備建立及元件	學 歷	碩士
			經 歷	助理研究員

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
		製程	專 長	核輻射度量、光電元件製程
江金鎮	研究助理	12 人月 磊晶/長晶	學 歷	學士
			經 歷	研究助理
			專 長	電子、半導體
古建德	工程師	12 人月 PECVD 及 APCVD 製程	學 歷	博士
			經 歷	國防役
			專 長	光電材料製程、特性檢測
余慶聰	助理 研究員	5 人月 樣品特性分析	學 歷	學士
			經 歷	助理研究員
			專 長	化學工程
逢筱芳	副研究員	7 人月 發酵	學 歷	學士
			經 歷	副研究員
			專 長	原子能工程
林榮安	技術員	6 人月 酵素水解	學 歷	專科
			經 歷	技術員
			專 長	化學工程
蔡謀賢	技術員	6 人月 樣品分析	學 歷	專科
			經 歷	技術員
			專 長	化學工程
陳盛燮	技術員	5 人月 前處理	學 歷	技術學院
			經 歷	技術員
			專 長	化學類
林秦建	技術員	5 人月 樣品分析	學 歷	學士
			經 歷	技術員
			專 長	工業工程
陳清奎	技術員	12 人月 生質物產氫	學 歷	學士
			經 歷	技術員
			專 長	化學

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
			學 歷	學 士
邱進立	技術員	12 人月 生質物產氫	經 歷	技術員
			專 長	化學
			學 歷	學士
郭家倫	副工程師	7 人月 酵素水解	經 歷	助理工程師
			專 長	環保工程
			學 歷	學士
許登傑	副工程師	7 人月 酵素水解	經 歷	國防役
			專 長	物理
			學 歷	學士
陳文恆	副工程師	6 人月 發酵	經 歷	國防役
			專 長	生物技術(理)
			學 歷	學士
黃維凡	副工程師	7 人月 前處理	經 歷	國防役
			專 長	物理
			學 歷	學士
于明嘉	副工程師	7 人月 前處理	經 歷	國防役
			專 長	物理
			學 歷	學士
林鼎翔	副工程師	7 人月 發酵	經 歷	國防役
			專 長	物理
			學 歷	學士
黃瓊芳	助理工程師	9 人月 發酵	經 歷	助理工程師
			專 長	生物化學
			學 歷	學士
李綉偉	助理工程師	8 人月 生質物產氫	經 歷	助理工程師
			專 長	化學工程
			學 歷	學士
廖茂易	助理	8 人月	學 歷	學士

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
	工程師	生質物產氫	經 歷	助理工程師
			專 長	化學
程永能	副研究員	8 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	機械工程
熊惟甲	助理 研究員	7 人月 連接板電阻量測	學 歷	博士
			經 歷	助理研究員
			專 長	非破壞檢測
李大正	助理 研究員	12 人月 SOFC 發電系統	學 歷	碩士
			經 歷	助理研究員
			專 長	機械工程
黃一鳴	助理 研究員	7 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	碩士
			經 歷	助理研究員
			專 長	機械工程
余冬帝	研究助理	12 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	碩士
			經 歷	研究助理
			專 長	機械工程
江烈光	工程師	10 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	博士
			經 歷	國防役
			專 長	機械工程
王宏瑜	副工程師	12 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	碩士
			經 歷	國防役
			專 長	機械工程
蔡禹擎	副工程師	12 人月 SOFC 發電系統	學 歷	碩士
			經 歷	國防役
			專 長	機械工程
黃昱先	助理 工程師	12 人月 電池堆組裝、	學 歷	碩士
			經 歷	助理工程師

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
		模擬、測試	專 長	機械工程
劉建國	副工程師	12 人月 連接板及封裝材料	學 歷	博士
			經 歷	副工程師
			專 長	材料科技
雍敦元	助理工程師	12 人月 連接板及封裝材料	學 歷	碩士
			經 歷	助理工程師
			專 長	機械工程
洪文堂	助理工程師	12 人月 SOFC 發電系統	學 歷	碩士
			經 歷	助理工程師
			專 長	機械工程
林明達	技術員	12 人月 SOFC 發電系統	學 歷	高中
			經 歷	技術員
			專 長	機械工程
賴振波	技術員	12 人月 SOFC 發電系統	學 歷	專科
			經 歷	技術員
			專 長	電子電機工程
李鑽生	技術員	12 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	高中
			經 歷	技術員
			專 長	機械工程
姜紀光	技術員	12 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	專科
			經 歷	技術員
			專 長	機械工程
郭清輝	技術員	12 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	高中
			經 歷	技術員
			專 長	機械工程
李本盛	技術員	12 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	高中
			經 歷	技術員
			專 長	機械工程

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
吳錦達	技術員	12 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	高中
			經 歷	技術員
			專 長	機械工程
黃克忠	技術員	12 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	高中
			經 歷	技術員
			專 長	機械工程
鍾增光	技術員	7 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	專科
			經 歷	技術員
			專 長	機械工程
賴哲中	技術員	8 人月 電池堆組裝、 模擬、測試	學 歷	高中
			經 歷	技術員
			專 長	材料科技
李春林	助理 研究員	7 人月 電力轉換器研製	學 歷	碩士
			經 歷	助理研究員
			專 長	電路設計、儀控系統設計
林增輝	助理 研究員	12 人月 電力規劃	學 歷	碩士
			經 歷	助理研究員
			專 長	電子、資訊
李昭德	副工程師	12 人月 電能轉換器 模組研製	學 歷	碩士
			經 歷	國防役
			專 長	電能控制

與原計畫規劃差異說明：

本計畫原規劃人力(人年)：研究人員：30.69、技術人員：18.58、支援人員：17.77；實際投入人力：研究人員：32.96、技術人員：15.1、支援人員：16.16；規劃人力與實際投入人力有些許消長，其原因為例行人事異動造成，由於差異性不大，在整體人力資源上，藉由相互支援，克服這項人力缺口，所以整體計畫之推展，仍屬順利。

肆、計畫已獲得之主要成就與量化成果(output)

一、量子點太陽電池技術研發

1. 電漿技術之 Pt 奈米粒子技術建立，可獲得 10 nm ~ 200 nm 粒徑大小之 Pt 奈米粒子。元件效率由 0.006 % 大幅提昇至 4.2 % 之年度目標。
2. 完成冰雹測試平台建構、聚光型太陽能電池模組模擬器平台架設、進行單一片聚光型太陽能模組模擬器與戶外測試比對、建立太陽光譜分析與能量密度量測技術。
3. 利用 PECVD 分別製作非晶/微晶結構之 p-type、n-type 與 intrinsic 矽薄膜。調整製程參數，目前 p-i-n 非晶矽薄膜太陽電池之效率可達 3.7 %。
4. 完成矽量子點吸附在二氧化鈦 anatase(101)表面上之幾何與電子結構特性探討、建立模擬塊材 XRD、RDF 等理論分析方法並完成 Si-cluster 在高溫下的暫態模擬。
5. 國外期刊論文申請 6 篇，已獲得 3 篇；研究報告完成 24 篇；國內外專利申請 17 篇。

二、生質能源轉換系統

1. 完成 2 升至 6 升蒸汽爆裂系統之放大，開發兩階段稀酸及蒸汽爆裂前處理技術，其經爆裂處理後殘渣之表面積增加約 10 倍；後續之纖維素水解效率達 78-93 %。
2. 完成 300 mL 小型反應器氨水爆裂反應系統之設計及設置，同時建立氨水爆裂前處理之標準操作方法。稻桿經氨水爆裂 (62% 氨水; 90°C; 60 min) 前處理後，其酵素水解總糖效率(木糖與葡萄糖)可達 75 %。
3. 建立酒精產率達 70 % 之纖維素併同水解及發酵程序(SSF)。
4. 完成 SSF 程序之纖維素水解酵素的篩選，當反應溫度由 50°C 降至酵母菌可發酵溫度 38°C 時，仍能維持 92% 的活性。
5. 完成葡萄糖發酵菌耐熱力之馴化，將葡萄糖發酵之操作溫度由 30°C 提高至 38°C，酒精產率仍維持在 90% 以上。
6. 以溶液(酒精/水：2/1)流量 33 mL/min 完成 42 組不同配方貴重金屬蜂巢形酒精重組觸媒之篩選，重組之富氫氣體組成為 H₂ 38~43%、CO 8~13%、CH₄ 5~10%。以反應物(含酒精及水)莫爾數為基準，重組反應之氫氣產率可達 60% 以上，產氣量足以

供應 1 kW SOFC 發電需求。

7. 建立 1 kW SOFC 用之移動式酒精產氫精進系統，體積僅為原系統之一半。完成 960 小時耐久性測試，系統穩定性符合預期目標。
8. 國外期刊論文申請 2 篇，研究報告完成 13 篇；專利申請 5 篇。

三、燃料電池發電系統

1. 成功研製玻璃陶瓷密封材料 gc9-4，具備與電池片及連接板材料 Crofer22 相匹配之熱膨脹係數，且與連接板及電池片具良好之接著效果。
2. 建立金屬連接板面積比電阻量測技術，量測結果與國際水準一致。完成量測鍍膜連接板材料 Crofer22 長期氧化 3200 小時之面積比電阻變化，結果較未鍍膜材料顯著降低。
3. 完成三片裝電池堆熱應力、氣體濃度、速度及電流密度分佈模擬，及十片裝電池堆模擬分析。
4. 以 InDEC 電池片組裝 25 片裝電池堆，採用玻璃陶瓷為密封材料，在測試爐溫為 750°C，空氣流量 50 lpm 及燃料流量 20 lpm 時，平均電池片電壓為 0.795 V，功率密度為 498 mW/cm²，全功率達 1008 W。
5. 在 1 kW SOFC 發電系統中完成燃料、空氣流量、空氣入口溫度改變對功率影響測試；完成在富氫氣體中加入不同氮氣量對功率影響測試。
6. 完成 2 kW SOFC 系統概念設計報告，並導入重要組件組合密集化概念，已申請中華民國、日本、美國及歐盟專利。
7. 國外期刊論文申請 3 篇，含去年申請者已獲得 5 篇；研究報告完成 24 篇；專利申請 17 篇，已獲得 2 篇。

四、量子點發光元件之開發研究

1. 建立研製量子點之高溫與低溫等製程技術。
 - (1) 完成以常壓化學氣相沉積法(APCVD)製作氮化矽量子點薄膜材料之高溫製程(800°C以上)。在 850°C 熱退火條件下，初步獲得一 1 ~ 10 nm 大小之矽量子點均勻分佈在氮化矽基材中。薄膜經 325 nm 波長光源激發下，能產生一明亮 400 ~ 700 nm 波長之白光光源。
 - (2) 完成以電漿輔助化學氣相沉積法 (PECVD) 製作氮化矽量子點薄膜材料之低溫製程(300°C以下)。在未經熱退火處理

下，薄膜經 325 nm 波長光源激發下，能以肉眼觀察到一明亮橘紅色光源。

2. 開發量子點可見光螢光薄膜材料，獲得新固態光源。
 - (1) 完成圓形及方形圖案二極式奈米碳管電子發射源製作，其場效起始電場可低於 $3 \text{ V}/\mu\text{m}$ ，電流密度可達 $10 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 。
 - (2) 完成奈米碳管場發射特性之耐久性實驗，在施加 380 V 電壓下，經 10 小時連續操作，電流密度($0.73 \text{ mA}/\text{cm}^2$)依然穩定。
 - (3) 完成利用奈米碳管電子發射源激發低溫氮化矽量子點螢光薄膜之實驗，在 700 V 操作電壓下，初步可觀察到穩定發光現象。
3. 國外期刊論文申請 3 篇，已獲得 1 篇；研究報告完成 2 篇；專利申請 8 篇，已獲得 4 篇。

五、電力控制管理技術與環境建構

1. 完成 072 館「智慧型直流電力屋」建置，涵蓋 10 kW HCPV 光能及 25 kW 風能之電力輸入、具電力最大功率追蹤功能之 DC-DC 轉換器(Converter)，以及具市電併聯功能之 DC-AC 換流器(Inverter)電能轉換器設計製作、30 kWh 鋰鐵磷儲能裝置、及電子式日光燈與冷氣等之直流負載電力系統設計。
2. 完成 1 kW 級 Converter 以及 Inverter 設計製作，並委由業界生產成品化模組，增進模組可靠度。
3. 建立高效能之鋰鐵磷(LiFeP)電池監控與保護系統，可搭配再生能源間斷性電力特性，穩定電力暫態。
4. 更改由廠商提供之電子式日光燈與冷氣，使能直接使用新能源產出之直流電力，提高負載電氣效率。
5. 設計「360 V DC 智慧型直流電力系統」，並建置於 072 館，做為展示與測試平台。
6. 完成 013 館地下室新能源展示室更新。
7. 完成本所發展之光能、風能、生質能、燃料電池、以及電力控管五項技術之專利搜索與發展規劃。
8. 完成 SCI 期刊申請 3 篇，已獲得 2 篇、會議論文 1 篇、研究報告 12 篇。

表一 科技計畫之績效指標(請依計畫性質勾選項目，色塊區為必填)

計畫類別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	99
績效指標	學術研究	創新前瞻	技術發展(開發)	系統發展(開發)	政策、法規、制度、規範、系統之規劃(制訂)	研發環境建構(改善)	人才培育(訓練)	研究計劃管理	研究調查	其他
A 論文			✓							
B 研究團隊養成			✓							
C 博碩士培育			✓							
D 研究報告			✓							
E 辦理學術活動										
F 形成教材			✓							
G 專利			✓							
H 技術報告			✓							
I 技術活動			✓							
J 技術移轉										
S 技術服務			✓							
K 規範/標準制訂			✓							
L 促成廠商或產業團體投資										
M 創新產業或模式建立										
N 協助提昇我國產業全球地位或產業競爭力										
O 共通/檢測技術服務										
T 促成與學界或產業團體合作研究										
U 促成智財權資金融通										
V 提高能源利用率										
W 提昇公共服務										
X 提高人民或業者收入										

計畫類別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	99
學術研究	學術研究	創新 前瞻	技術發 展(開 發)	系統 發展 (開發)	政策、 法規、 制度、 規範、 系統之 規劃 (制訂)	研發 環境 建構 (改 善)	人才培 育(訓 練)	研究 計劃 管理	研究 調查	其 他
績效指標										
P 創業育成										
Q 資訊服務										
R 增加就業			✓							
Y 資料庫										
Z 調查成果										
AA 決策依據										

表二 請依上表勾選合適計畫評估之項目填寫初級產出、效益及重大突破(填寫說明如表格內容)

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
學術成就(科技基礎研究)	A 論文	論文 28 篇 (發表 11 篇，申請 17 篇)	論文發表於國際知名專業期刊，如 Journal of Power Sources, IEEE Transactions, Journal of Physics, Solid State Communication, Applied Ceramic Technology 等，將計畫研發成果做適時的展現，對於提昇我國的學術聲譽有相當的裨益。	1. 國際第一篇以芒草為原料產製酒精之文章。 2. 建立電池堆的熱應力及電熱流模擬分析能力。 3. 開發出高效能 DC-DC 轉換器，可應用至太陽電池、燃料電池、風機的電能轉換上，顯示出電力控管的成效。

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	B 研究團隊養成	6 件 1.建立「基因轉殖菌株」之研發團隊。 2.建立「SOFC 電池堆組裝測試」、「SOFC 發電系統」及「SOFC 連接材料開發」研發團隊。 3.建立「量子點太陽電池」及「量子點發光元件」研發團隊。	1.「基因轉殖菌株之研發團隊」，對後續簡化酒精製程之程序有很大效益。 2.SOFC 研發團隊成功開發出適用之玻璃陶瓷封裝材料，及相關處置作業，完成kW級SOFC電池堆的建置。 3.「量子點發光元件及太陽電池」開發出之量能，將應用在後續磊晶矽太陽電池的開發上，以建置具環保、低成本之磊晶矽太陽電池。	1.使酵母菌從僅有發酵功能變成兼具纖維素水解與發酵之功能。 2.使我國成為國際間少數具建置 SOFC kW 級電池堆量能的國家。
	C 博碩士培育	博碩士培育 10 人	培育出在量子點太陽電池、電源管理及轉換器、SOFC 電池堆應力分析及起機模式、產氫技術、纖維素微生物基因工程及燃料酒精研發等方面之專業人才，對於後續計畫之延續推展，頗有助益。	
	D 研究報告	57 篇	建立知識管理系統，有利於研發工作之推展及延續。	
	F 形成教材	2 件 1.纖維酒精技術報告。 2.完成"燃料電池與電化學技術"工具書。	1.作為訓練教材，以達到纖維酒精教育推廣功能。 2.就燃料電池相關核心技術之研發進行完整之分析及論述。	
技術創新(科技整合創新)	G 專利	53 件 (獲得 6 件，申請 47 件)	藉由專利之申請及取得，將計畫所建置的專業技術能力實質化，使智財權可有效維持，並利於後續技術移轉國內業界之作業。	
	H 技術報告	20 篇	建立標準操作程序及技術資料留存。	

		績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
		I 技術活動	發表於國內或國外研討會共 7 場次 1. 「2007 生質酒精發展趨勢研討會」國際研討會一場。 2. 2007 年中國材料科學年會。 3. 中華民國陶業學會年會。 4. 2007 亞太再生能源研討會。 5. 4 th Real-SOFC Workshop, Grenoble, France. 6. World Renewable Energy Conference, 2007. 7. International Symposium of Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications, 2007.	發表於主要之國際研討會 (1 場次) 1. 150 人參加會議，協助政府推廣纖維酒精應用於汽車燃料。 2. 藉由參與國內、外研討會，將計畫的願景及成效做適度的展示說明，使研究機構及團體間獲得有效的溝通及技術交流，並利於促進未來技術轉移及產業化的標的。	
		J 技術移轉	無。		
		S 技術服務	提供台大及中央二所學士連接板材料及鍍膜面積比電阻量測服務。	藉由電阻量測可評估所開發之連接板材料及鍍膜是否適用於電池堆設計；另由量測經驗可發展出新式電池堆組裝技術。	
		其他		與丹麥知名酵素公司建立合作管道。	建立以稻稈為測試對象，研發出適合稻稈之高活性酵素。
社會影響	民生社會發展	R 增加就業	20 人	1. 藉由本計畫之執行，增加新能源領域技術人員之就業率。 2. 與國內業界共同設計開發測試平台、機具，使計畫順利推展，並強化國內業界之技術量能。	
策略管理及其他 (科技政策及其他效益)		K 規範/標準制訂	1 件	協助標準檢驗局建立我國生質酒精作為車用燃料之標準，此標準已公告。	

伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

一、學術成就(科技基礎研究)

本計畫本年度計完成論文含申請及發表共 28 篇（發表 11 篇，申請 17 篇），會議論文 16 篇，研究報告 63 篇，有關投稿期刊論文之學術研究成果摘要說明如下：

1. 量子點太陽電池技術研發(9 篇)

- (1) **【Anodic, cathodic and cyclic voltammetric deposition of ruthenium oxides from aqueous RuCl_3 solution】**: Anodic, cathodic and cyclic voltammetric (CV) deposition of ruthenium oxides from aqueous RuCl_3 solutions have been investigated using stationary and rotating disk electrodes (RDE) in this work. The CV deposition behavior was examined using a RDE to differentiate the contribution of current from the reactions of ruthenium ions in the electrolyte and ruthenium oxides already adsorbed on the electrode. The results indicate that the CV growth of ruthenium oxides within the potential range of aqueous electrolyte decomposition is attributed to the anodic oxidation of ruthenium ions in the electrolyte. Cathodic deposition occurs only at potential negative than -0.30 V versus saturated calomel electrode (SCE) when H_2 evolves on the electrodes. Anodic deposition of ruthenium oxides can be obtained effectively in the potential range of ca. 0.9 – 1.1 V versus SCE, depending on the pH value of the electrolyte. The optimum anodic and cathodic deposition potential for maximum deposition efficiency is 1.0 and -0.9 V versus SCE, respectively, in the electrolyte solution of pH_2 . (已發表於 ELECTROCHIMIC Acta (SCI) 期刊)。
- (2) **【Carrier localization in InN epilayers grown on Si substrates】**: 利用光基螢光量測之時間衰減法，分析 InN/Si 磊晶層之特性，驗證 InN 有 Carrier localization 現象（已發表於 Solid State Communications (SCI) 期刊）。
- (3) **【Characterization of InN films on Si(111) substrate grown by MOCVD with a pre-deposited In layer and new two-step growth method】**: In this study, MOCVD-grown InN films on Si(111) substrate were achieved by using a new two-step growth method with a thin pre-deposited In layer. The surface morphologies of the InN films were examined by

scattering electron microscope (SEM) and atomic force microscope (AFM) and exhibited good surface quality. Wurtzite structure with lattice constants, $c = 5.69 \text{ \AA}$ and $a = 3.44 \text{ \AA}$, of the InN films was observed from the lattice image which was obtained by high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM). 540 arcsec full-width at half-maximum (FWHM) of InN(0002) diffraction peak and 0.756 eV room-temperature inter-band transition energy of the InN films were also observed from X-ray diffraction (XRD) and photoluminescence (PL) spectrum, respectively. A small temperature coefficient, about 0.036 meV/K , of the band gaps of the InN films is obtained in this study. Such a small value could be explained by the less lattice mismatch and thermal expansion of InN on Si substrate. ((SCI) Journal of Vacuum Science and Technology 已接受)。

- (4) **【Heteroepitaxial growth of InN epilayer on Si(111) by APMOCVD using LT-InN/HT-AlN double-buffer layers】**: In this study, indium nitride (InN) films were grown on silicon (Si) (111) substrates by metalorganic chemical vapor deposition (MOCVD). Three buffer layers: high temperature grown aluminum nitride (HT-AlN), high temperature grown gallium nitride (HT-GaN) on HT-AlN (HT-GaN/HT-AlN) and HT-GaN/HT-AlN with a pre-deposited indium (pre-In) layer (pre-In/HT-GaN/HT-AlN) were used individually for the growth of the InN films. The best quality InN film was grown by depositing a 3-nm-thick pre-In layer on HT-GaN/HT-AlN as the buffer layer. The crystalline quality of the InN film is remarkably improved by the pre-In/HT-GaN/HT-AlN multiple buffer layers and exhibits a 0.23° full-width at half-maximum (FWHM) in the $\theta - 2\theta$ X-ray diffraction (XRD) measurement at the (0002) plane. The room temperature measured photoluminescence (PL) peak energy of the InN film is $\sim 0.75 \text{ eV}$. The free electron concentration and mobility at room temperature are $\sim 7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ and $450 \text{ cm}^2/\text{V-s}$, respectively. (已投稿(SCI) Journal of Crystal Growth , 審查中)。
- (5) **【Enhanced cyclic voltammetry using 1-D gold nanorods synthesized via AAO template electrochemical deposition】**: Gold nanorods were successfully fabricated by using polycarbonate membranes and anodic aluminum oxide (AAO) membranes as growing templates under electrochemical deposition. The as-synthesized gold nanorods

were polycrystalline with unidirectional direction along [111], having a uniform diameter around 100-200 nm and length of 5~6 μ m. These gold nanorods were deposited on the gold-coated working electrode of cyclic voltammetry, where an enhanced current-voltage voltammograms were obtained. The enhanced sensitivity is achieved with the large electrocatalytic signals at amplified surface area using nanorod-modified working electrodes. Current-voltage voltammograms using ordered gold nanorod arrays are enhanced more than those using disordered gold nanorods. The results strongly suggested that the 1-D nanorods facilitated the electrocatalytic reactions due to enhanced diffusion occurring around these nano-structures. ((SCI) Desalination 已接受)。

- (6) 【Thermally stimulated currents in α -HgI₂ polycrystalline films】: 本文探討多晶 α -HgI₂ 晶體在各種溫度的激發電流特性與沉積生長條件 (已發表於 (SCI) Journal of Physics D : APPLIED PHYSICS (SCI) 期刊)。
- (7) 【Growth of r-In₂Se₃ films on Si substrates by metal-organic chemical vapor deposition】: 利用 MOCVD 技術在矽基板上沉積 r-In₂Se₃ 薄膜, 探討其晶體結構及光電特性 ((SCI) Journal of Crystal Growth 已接受)。
- (8) 【Preparation of Nanostructured mesoporous titanium dioxide thin film by sol-gel method for dye sensitized solar cell】: In this Study, titanium dioxide paste was prepared by sol-gel and hydrothermal method with various precursors. Nanostructured mesoporous TiO₂ thin-film back electrode was fabricated from the nanoparticle colloidal paste and its performance was compared with that made by commercial P25 TiO₂. The best performance was demonstrated by the DSSC having a 16 μ m-thick TTIP-TiO₂ back electrode, which gave a solar energy conversion efficiency of 6.03%. Strong adhesion ability on ITO conducting glass substrate and high surface area are considered the important characteristics for TiO₂ thin film. The results show that thin film with good adhesion can be made from the prepared colloidal paste; as the result alleviating the possibility of electron transfer loss. One can control the colloidal particle size from sol-gel method. Therefore, by optimizing the preparation conditions, TiO₂ paste with nanoparticle and narrow diameter distribution was obtained. (已投稿 Solar energy materials & solar cells)。

- (9) **【Geometries and Electronic Properties of Si Quantum Dots Adsorbed on the TiO₂ Anatase(101) Surface: A First Principle Study】**，We report the result of our first principles calculations for the electronic properties of hydrogen terminated silicon quantum dots (QD) adsorbed on the anatase (101) surface. To study the size-dependence effect, we optimize geometries and calculate the density of states of six SinHx compositions with (n, x) = (1, 2), (3, 6), (10, 14), (20, 26), (35, 34), and (67, 98) adsorbed on the bridging Ob site. We found the geometry and electronic property of the underlying TiO₂ surface is approximately independent of the size the SinHx. The adsorption of SinHx mainly causes the Fermi level of TiO₂ surface to shift from the edge of the valence band to the conduction band, changing the surface from a semiconductor to a conductor. On the other hand we found the presence of the TiO₂ surface affects the electronic property of Si QD causing the excited states, originally present in the isolated cluster, to disappear for a QD size approximately smaller than 2nm. Those excited states only reappear, at a reduced intensity, as the size of Si QD increases so more core Si atoms are surrounded with tetrahedral Si atoms to give rise to an electronic property similar to that of an isolated Si cluster. (已投稿 Journal of Physical Chemistry C)。

2. 生質能源轉換系統(2 篇)

- (1) **【Characterization of dilute acid pretreatment of silvergrass for ethanol production】**：主要內容係探討稀酸前處理操作條件對於芒草之木糖產率、木糖水解液可發酵性及酵素水解之影響，並特別就芒草經稀酸前處理反應前後之物理性質及化學結構的差異進行討論，其研究結果發現經較高硫酸處理後，芒草表面的親水性會提高，容易吸附水解酵素，因而降低酵素水解的糖化效率。此發現不僅可做為未來前處理及酵素水解之操作參數整合研究的參考依據外，並且為目前唯一有系統地評估芒草做為纖維酒精原料之潛力的研究報告 ((SCI) Bioresource Technology 已接受)。
- (2) **【Comparative study of sugar cane bagasse, rice straw and silvergrass using dilute-acid hydrolysis pretreatment】**：本文

係比較稀酸水解前處理的程序參數對蔗渣、稻桿、芒草等纖維原料之木糖產率、發酵抑制物濃度、反應動力學與其後續酵素水解效率等之影響。研究發現：前處理之最佳條件及糖化效率因生質原料的組成及結構性質不同而有所差異；經前處理後稻桿之比表面積的增加，有助於後續酵素水解產出葡萄糖之反應。本研究結果可做為對上述三種本土纖維原料在纖維轉化酒精之潛能與適用性評估之參考。(已投稿至(SCI) Bioresource Technology)。

3. 燃料電池發電系統(8 篇)

- (1) **【Thermal stress analysis of a planar SOFC stack】**：本研究目的是利用有限元素分析軟體來分析平板式 SOFC 在暫態及穩態運作時的熱應力分佈，模擬結果顯示，在給定的三種不同電池堆支撐條件情況下，熱應力分佈的差異並不大。在三層電池堆中，各個單元電池的熱應力分佈並沒有明顯的差異，這可歸因於垂直於面板方向的溫度梯度並不明顯。在考慮玻璃陶瓷高溫黏滯特性的條件下，模擬結果顯示 PEN 及封裝玻璃在工作環境溫度下皆有應力鬆弛的現象。模擬週期運轉對熱應力影響的運算結果顯示，PEN 及封裝玻璃陶瓷的熱應力將隨著運轉週期數的增加而有明顯的增加(已刊登在 Journal of power sources SCI)。
- (2) **【Influence of energy recuperation on the efficiency of solid oxide fuel cell power system】**：本研究使用甲烷為燃料，空氣為氧化劑，並考慮流體流經管件及各熱工元件所造成之壓力損失；以詳細分析系統各元件之狀態。研究結果顯示空氣燃料比為影響系統效率最重要之因素，燃料預重組率對系統效率影響不大，但當需要用其他之空氣燃料比時，可利用來調整系統溫度，使系統溫度不至於過高。綜觀之，系統設計者希望能獲得一個整體效率高而操作溫度低之發電系統，而系統之操作參數的選擇則應依實際的需要而作改變，由本研究結果，可作為系統最佳化之基礎(已刊登在 Energy & Fuels SCI)。
- (3) **【Performance simulation of an anode-supported SOFC using**

Star-CD code】：成功應用商業版流體動力計算軟體(Star-CD with es-sofc module)，建立陽極支撐型固態氧化物燃料電池單元測試之 3D 有限元數分析模式，模擬分析其電化學效能，可計算電池運轉時之溫度及電流密度之分佈、以及燃料氣體濃度與使用率等參數。有助於分析最佳化流道設計與氣體流量佈局以期降低電池堆內之溫度梯度變異，增加電池堆運轉壽命(已刊登於 Journal of Power Sources SCI)

- (4) 【SOFC development at INER】：核能研究所固態氧化物燃料電池(SOFC)計畫現階段目標為發展 1~5 kW 發電系統技術。本論文介紹目前進行的研究項目，包括以刮刀—網印法及電漿噴塗法研製平板狀陽極支撐型電池片；開發密封材料、連接板材料、連接板鍍膜技術及電池堆組裝技術；和建立以電腦化流體力學模擬能力。1 kW SOFC 展示系統已完成建置，其中電池堆係由瑞士 HTceramix 公司所提供(已刊登在 Int. J. Applied Ceramic Technology SCI)。
- (5) 【Evaluation on some metallic alloys for SOFC interconnect】：本研究使用 5 種金屬材料(Crofer 22、類同 ZMG 232、不銹鋼 304、不銹鋼 430 及英高鎳 718)在高溫大氣氣氛下進行不同時間長度的氧化實驗，然後藉由 SEM、EDMA 及 XRD 等方法檢視合金材料的微結構變化。分析結果顯示 5 種合金材料的氧化層主要成分為 Cr_2O_3 及 $(\text{Mn}, \text{Fe}) \text{Cr}_2\text{O}_4$ spinel 合成物。其中兩種專為 SOFC 設計製造的 ferritic steel Crofer 22 及 ZMG 232 的氧化行為特性非常相近(已刊登在 Materials Science Forum SCI)。
- (6) 【Study of assembly techniques for a solid oxide fuel cell stack】：本文針對電池堆的密封材料，以 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系統氧化物成功開發出適合平板式 SOFC 在 800°C 使用的密封材料。該材料在 800°C 與 YSZ 電解質和金屬雙極板有較好的浸潤黏附性能，尺寸穩定和絕緣性佳。建立單電池發電實驗裝置，實驗研究包括燃料組成、燃料濃度、溫度等操作條件對電池發電性能的影響，在 $700^\circ\text{C} \sim 750^\circ\text{C}$ 範圍內

電池功率密度與溫度之間呈線性關係，濃度與流量對於發電性能有顯著影響，當氫氣濃度達 100% 時，發電性能最為優越；當氫氣流量達 1200c.c./min 時，最大功率可達 $340\text{mW}/\text{cm}^2$ (已投稿 Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers SCI)。

- (7) 【Thermal stress analysis for a SOFC testing cell】：本研究係以核能研究所開發的平板式 SOFC 單元測試裝置(Cell testing)為研究對象，利用有限元素分析軟體 MSC.MARC 模擬分析不同操作電壓下其溫度場對熱應力之影響，而分析過程所需的溫度場則是由 STAR-CD 與 es-SOFC 軟體模擬分析所提供。模擬結果顯示，在操作電壓較低的條件下，因為溫度梯度較大，各組件會有較大的應力產生(已投稿 Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers)。
- (8) 【A modeling and system analysis of a hybrid solid oxide fuel cell and micro gas turbine】：本研究發展獨立運轉式固態氧化物燃料電池與微氣渦輪機混成發電系統之熱力學模式。分析結果以雙級式陽極回收 SOFC/MGT 系統再整合二次預熱、陽極回收、雙級式 SOFC 等之各項優點，可得系統之最大發電效率為 64.5%。而系統中之 MGT 約佔系統發電量之 30%，若 MGT 絕熱效率上昇 10% 可有效提昇系統發電效率 3.2% (已投稿於 Power Source)。

4. 量子點發光元件之開發研究(4 篇)

- (1) 【Segmental alignment in the aggregate domains of poly(9,9-dioctylfluorene) in the semidilute solution】：The structure of poly(9,9-dioctylfluorene-2,7-diyl) (PF8) in deuterated toluene solutions at concentrations ranging from 0.60% to 7.0% (w/v) has been investigated by means of small-angle neutron scattering (SANS) and nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. PF8 chains exhibited aggregation above 1.0%, where the corresponding SANS profiles were characterized by the superposition of an aggregate component and a dynamic component associated with the transient

network formed by interchain overlap. The ^1H NMR resonance lines for both the polymer as well as for the residual protons in the solvent showed large upfield shift at higher concentrations, indicating strong polymer-solvent interaction. At a higher concentration (4.5%) an additional resonance line was observed in the aromatic regions of both the ^1H and the ^2H spectra that has been attributed to a residual anisotropic chemical shift of the solvent molecules. The later phenomenon is suggestive of the existence of magnetically anisotropic aggregate domains of PF8 dispersed in an isotropic bulk. ((SCI) Macromolecules 已刊登)。

- (2) 【The luminescence mechanism of SiO_x films grown by atmospheric-pressure halide chemical vapor deposition】: Strong red-light luminescence was exhibited by nonstoichiometric silicon oxide (SiO_x) films grown by atmospheric-pressure halide chemical vapor deposition. The temperature-dependent photoluminescence (PL) measurements and theoretical calculation of emission energy demonstrated that the PL of our samples originated from the energy level of the interface between Si quantum dots (Si-QDs) and a SiO_2 matrix. Moreover, the continuous-wave PL spectra showed that the PL intensity can be enhanced by thermal annealing in CO_2 environment. The radiative lifetime determined from the time-resolved PL measurement was increased by increasing CO_2 thermal annealing temperature. The high-resolution transmission electron microscopy showed single-crystalline Si-QDs embedded in the SiO_x films. According to the results obtained, the emission peak of the PL spectra of the SiO_x films was probably due to the energy level of the interface region transition, and the nonradiative centers (or dangling bond, defect center) can be passivated using subscript thermal annealing. ((SCI) Japanese

Journal of Applied Physics 已接受)。

- (3) **【Fabrication of Whitely luminescent silicon-rich nitride films by atmospheric pressure chemical vapor deposition】** : Silicon-rich nitride (SRN) films that can present an intense white-light emission were fabricated by atmospheric pressure chemical vapor deposition. The SRN films were deposited on Si substrates using gaseous SiH_2Cl_2 (DCS) and NH_3 as the source materials for Si and N, respectively. The deposition temperature was kept at 850°C and H_2 was used as the carrier gas with its flow rate being modulated to maintain the chamber pressure at 1 atm during the deposition. The optical properties of films obtained by varying the deposition time from 15 to 60 min were examined by photoluminescence (PL) measurements. It was indicated that an intense luminescence band (1.5 – 3.5 eV) could be observed by the naked eye for all as-deposited samples. Besides, time-resolved PL exhibited a short radiative lifetime around 1 ns for the SRN films. Moreover, high resolution plan-view transmission electron microscopy demonstrated the existence of Si dots in the SRN films with the dot sizes ranging from 2 to 6 nm and the dot density of about $4 \times 10^{12}/\text{cm}^2$. Based on the results obtained, related luminescent mechanism for the SRN films is considered to be connected to the crystalline Si dots produced therein. ((SCI) Nanptechnology 已接受)。
- (4) **【Seismic growth of well-alligned carbon nanotubes by APCVD】**· Well-aligned good-quality carbon nanotube (CNT) array was grown on silicon substrate by atmospheric pressure chemical vapor deposition (APCVD) through SiO_2 masking. First, the patterned substrate was pretreated with NH_3 and then CNT were synthesized at 800°C using Ni as the catalyst, acetylene (C_2H_2) as the carbon source material and N_2 as the carrier gas. Effects of the NH_3 -pretreatment time, the flow

ratio of $[C_2H_2]/[NH_3]$ and the CNT growth time on the qualities of CNT array were analyzed in detail. It was found that good-quality CNTs with an average length of around $15\ \mu\text{m}$ could be grown by pretreating the Si substrate with NH_3 for 10 min and then conducting the CNT growth with a flow ratio of $[C_2H_2]/[NH_3] = 30/100$. Furthermore, the field emission property of CNT array was investigated using a diode structure. It was found that the turn-on electric field decreased with increasing CNT length. The turn-on electric field as low as about $2\ \text{V}/\mu\text{m}$ with an emission current density of $10\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ was achieved for a CNT-array diode with the tube length near $18\ \mu\text{m}$. For the same device, the emission current density could be elevated to $10\ \text{mA}/\text{cm}^2$ with the applied voltage of $3.26\ \text{V}/\mu\text{m}$. ((SCI) Journal of Materials Science: Materials in Electronics 已接受)。

5. 電力控制管理技術與環境建構(5 篇)

- (1) **【High-efficiency DC-DC converter with high voltage gain and reduced switch stress】**：透過新型電路架構之設計，建立一具備高升壓比及低切換損失之 SOFC DC/DC 轉換器（已發表於 IEEE Trans. On Industrial Electronics (SCI) 期刊）。
- (2) **【An improved decomposition scheme for assessing the reliability of embedded systems by using dynamic fault trees】**：使用動態故障樹分析再生能源系統配置之可靠度、耐用度，以提昇系統效能（已發表於 Reliability Engineering & System Safety (SCI) 期刊）。
- (3) **【Grid-Connected hybrid PV/Wind power generation system with improved DC bus voltage regulation strategy】**：以控制策略降低直流電力匯流排（DC Bus）之電壓擾動並減少所用之電容組容量，增加電力品質（已投稿 (SCI) IEEE Transactions on Industrial Electronics）。
- (4) **【DC bus power dynamic analysis of the grid-connected PV**

power generation system】：分析光電系統與電網相聯之動態特性，藉以提出一直流電穩壓方法，以降低電力系統組件，並提高電力系統之穩定度(已投稿 (SCI) IEEE Transactions on Energy Conversion)。

- (5) 【Incremental conductance derived MPPT for photovoltaic Stand-alone DC bus system by variable frequency】：利用 Constant Duty Variable Frequency 控制方法，以 Incremental Conductance 方式抽取太陽能板最大功率。特色為可簡單有效的追蹤太陽光照度變化(已投稿 (SCI) IEEE Transactions on Power Electronics)。

二、技術創新(科技整合創新)

(一)量子點太陽電池技術研發

1. 先進白金量子點敏化太陽電池之研究，本所率先結合物理方法進行研究開發。利用電漿鍍膜與電子槍鍍膜技術將 Pt 鍍在矽基板上，並進行熱退火處理，使其在矽基板表面形成奈米級之 Pt 粒子，藉此建立內建電場，增加電子電洞對的分離，完成量子點敏化太陽電池元件製作研究。
2. 完成冰雹測試平台建構、建立太陽光譜分析與能量密度量測技術、規劃建立聚光型太陽能電池模組模擬量測技術、規劃設計雙光源聚光型太陽光模擬系統光學組件架構、規劃太陽電池特性量測程序與系統建置。
3. 利用已建立之單接面非晶矽薄膜太陽電池技術能量，配合矽量子點材料，開發創新的量子點太陽電池。

(二)生質能源轉換系統

1. 完成 2 升至 6 升蒸汽爆裂系統之放大，並自行設計建置 300 mL 小型反應器氨水爆裂反應系統，此裝置可進行生質物前處理及提昇酵素水解效率。
2. 成功完成 10 公升纖維素酵素水解槽之設計、建置及操作方法測試，可應用於 SSF 程序 scale-up 及 20-30%高固液比酵素水解之研究，提昇後續酒精產出濃度。

3. 本計畫之乙醇重組產氫程序係一段反應器設計，即反應物之水與酒精蒸發後與空氣混合預熱後，直接導入重組器的單一觸媒上進行酒精重組反應，具有設備簡單、體積小之優點。體積較上一年度之系統縮小一半，且通過 960 小時測試，系統穩定度良好。

(三)燃料電池發電系統

1. 開發新型玻璃陶瓷密封材料，已運用於電池堆組裝，成效良好，後續將進行一體成型製程開發，以簡化電池堆組裝程序。
2. 組裝 25 片裝電池堆，電性測試結果可達 1 kW 功率輸出，顯示組裝技術已具一定水準，將繼續進行耐久性測試，提昇可靠度及降低成本。
3. 2 kW 發電系統積極進行密集化整合設計，並申請專利，為將來產品商業化建立基礎。

(四)量子點發光元件之開發研究

量子點可見光源之研究，其創新性與前瞻性在於開發合成矽量子點技術，以矽量子點作為可見光螢光中心。它完全不同於現有市場上(1)R+G+B 三個 LEDs (2)藍光 LED+黃色螢光粉及(3)紫外光 LED+白色螢光粉等混色之發光模式。創新的量子點螢光技術，對台灣光電產業的永續發展十分重要。

(五)電力控制管理技術與環境建構

本分項計畫，建置新能源之多來源電力應用架構，對新能源間斷性供電特性，建立高效能之儲能裝置，並由廠商免費提供直流家用負載，未來將可據以有效推廣新能源電力應用。

本年度計完成專利共 53 件（申請 47 件，獲得 6 件）。

1. 量子點太陽電池技術研發

- (1) **【n+-型多晶矽薄膜發射層之製備方法】**：一種 n+-型多晶矽薄膜發射層之製備方法，係利用高溫製程與常壓式化學氣相沉積設備方法(Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition, APCVD)，搭配一含有鈦基金屬化合物薄膜並磊晶有多層多晶矽薄膜之三氧化二鋁陶瓷基板，研製之

n⁺-型擴散製程，可直接獲得一小於 1000 埃厚度之 n⁺-型多晶矽薄膜發射層(n⁺-pc Si:P emitter)，並藉由多晶矽材料有較高之電子電洞移動率(Mobility)、較遠之電子電洞擴散距離(Diffusion Length)、及較長之電子電洞重合時間(Recombination)，進而可使本發明之多晶矽薄膜太陽電池元件不僅具有高磊晶成長率、高結晶品質、高光電轉換效率、及良好之照光穩定性之外，亦能有效降低設備建立之成本及簡化製程，已申請我國及美國發明專利。

- (2) 【多晶矽薄膜太陽電池元件之多晶矽薄膜磊晶製備方法】：一種多晶矽薄膜太陽電池元件之多晶矽薄膜磊晶製備方法，係以高溫製程與常壓式化學氣相沉積設備方法(Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition, APCVD)，搭配一含有鈦基金屬化合物薄膜之三氧化二鋁陶瓷基板，研製之多晶矽薄膜磊晶製程。可獲得每分鐘大於 0.5 微米之高成長多晶矽薄膜磊晶速率，及大於 10 微米尺寸大小之矽晶粒；並且，由於多晶矽材料有較高之電子電洞移動率(Mobility)、較遠之電子電洞擴散距離(Diffusion Length)、及較長之電子電洞重合時間(Recombination)，進而可使本發明之多晶矽薄膜太陽電池元件不僅具有高磊晶成長率、高結晶品質、高光電轉換效率、及良好之照光穩定性之同時，亦能有效降低設備建立之成本及簡化製程，已申請我國及美國發明專利。
- (3) 【多晶矽薄膜太陽電池元件之鈦基金屬化合物薄膜製備方法】：一種多晶矽薄膜太陽電池元件之鈦基金屬化合物薄膜製備方法，係利用高溫製程與化學氣相沉積設備方法，研製鈦基金屬化合物薄膜於三氧化二鋁陶瓷基板上，以完成一多晶矽薄膜太陽電池元件之製作。本發明主要是以鈦矽金屬化合物(TiSi₂)薄膜為說明實例，其他鈦基金屬化合物具有相同製程、功能與目的，有氮化鈦(TiN)，碳化鈦(TiC)，二硼化鈦(TiB₂)，以及碳氮化鈦(TiC_xN_y)等薄膜材料，以上均屬本發明的選擇材料。不僅利用具有低成本、耐高溫及化學穩定性之三氧化二鋁陶瓷基板，可與建築材

料一體化；並且將具有低材料成本、環保及來源豐富之鈦基金屬化合物薄膜作為本發明多晶矽薄膜太陽電池元件之背電極材料，該鈦基金屬化合物薄膜不僅有金屬之導電性，且其熱膨脹係數亦能同時與該三氧化二鋁陶瓷基板及多晶矽薄膜等材料匹配，同時兼具多晶矽薄膜種子層之功能。再配合上本發明使用之高溫製程及化學氣相沉積設備方法，可使本發明在具有高磊晶成長率及高結晶品質之同時，亦能有效降低設備建立之成本並且簡化製程，已申請我國及美國發明專利。

- (4) 【多晶矽薄膜太陽電池之製備方法】：一種多晶矽薄膜太陽電池之製備方法，係以一三氧化二鋁陶瓷基板及一兼具多晶矽薄膜種子層功能之鈦基金屬化合物薄膜，分別作為多晶矽薄膜太陽電池元件之基板及背電極。在高溫製程與常壓式化學氣相沉積設備方法下，依序披覆上一 p⁺-型多晶矽薄膜背面電場層(Back Surface Field, BSF)、一 p⁻-型多晶矽薄膜光吸收層及一 n⁺-型多晶矽薄膜發射層(n⁺-pc Si:P emitter)，藉此構成一多晶矽薄膜層結構。並由該多晶矽薄膜層結構進行矽碳氮氧氬(SiCNO:Ar)電漿鈍化處理以形成一碳氮化矽/二氧化矽(SiCN/SiO₂)抗反射層後，於該鈦基金屬化合物薄膜上製作一 p-型歐姆接觸(Ohmic contact)，接著再於該 n⁺-型多晶矽薄膜發射層上製作一 n-型歐姆接觸。藉此，使本發明除了具有高磊晶成長率、高結晶品質、高光電轉換效率及良好之照光穩定性外，亦能有效降低設備建立之成本及簡化製程，已申請我國發明專利。
- (5) 【非晶系碳化矽與多晶矽薄膜堆疊型太陽電池】：一種非晶系碳化矽與多晶矽薄膜堆疊型太陽電池，係利用上層非晶系碳化矽(a-SiC)之 n-i-p 薄膜層結構，主要吸收太陽光譜之紫外光至可見光部份範圍，而下層多晶矽之 n⁺-p⁻-p⁺薄膜層結構，則主要吸收太陽光譜之遠紅外光至可見光部份範圍。藉此，使本發明在獲得最佳之光電轉換效率及高能隙之同時，亦能兼具化學穩定性及長期照光穩

定性之優點，進而獲得一高效率之非晶系碳化矽與多晶矽薄膜堆疊型太陽電池，已申請我國及美國發明專利。

- (6) 【多晶矽薄膜太陽電池之矽碳氮氧氫電漿鈍化製備方法】：一種多晶矽薄膜太陽電池之矽碳氮氧氫(SiCNO:H)電漿鈍化製備方法，係將一作為多晶矽薄膜太陽電池之薄膜層結構，利用一電漿增強式化學氣相沉積設備方法(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD)，進行矽碳氮氧氫(SiCNO:H)電漿鈍化處理，使該薄膜層結構表面及內部晶粒界面處之矽原子懸掛鍵填滿，藉此在鈍化後之薄膜層結構中之多晶矽材料因而具有較高之光電轉換效率、及良好之照光穩定性，進而使本發明之多晶矽薄膜太陽電池元件除了具有高磊晶成長率及高結晶品質外，亦能有效降低設備建立之成本及簡化製程。所形成之矽碳氮氧氫(SiCNO: H)薄膜，兼具抗反射功能而成為一抗反射層，已申請我國發明專利。
- (7) 【白金奈米粒子被覆方法】：一種白金奈米粒子被覆方法，藉由一低溫電漿沉積法，可於一基板上蒸鍍一白金或黃金金屬薄膜後，在一加熱裝置中利用溫度變化及惰性氣體進行熱退火處理，進而形成一被覆於該基板上之白金(Pt)或黃金(Au)奈米粒子，已申請我國發明專利。
- (8) 【ITO 薄膜低溫多晶矽薄膜太陽電池】：一種 ITO 薄膜低溫多晶矽薄膜太陽電池之製備方法，係將一具有非晶矽(a-Si)結構之透明導電(Indium Tin Oxide, ITO)玻璃基板，置於一低於玻璃熔融溫度下之環境中進行熱退火處理，使其在此環境下由非晶矽結構轉變為多晶矽(p+poly-Si:Al)結構，並依序沉積 p-型與 n+型之多晶矽薄膜。如是，使本發明在利用具有高透明度及低電阻特性之透明導電薄膜，可和製程完成後的金屬鋁層形成良好的導電介面，並以搭配玻璃基板使其成本低、可大面積化及具有優良半導體之特性外，更可在低溫製程下將非晶矽結構轉變為多晶矽結構，使本發明可藉此多晶矽結構而達到提昇太陽電池整體之光電轉換效率及實用性，已申請我國發明專利。

- (9) 【多晶矽薄膜太陽電池之製備方法】: A method is disclosed for making a titanium-based compound film of a poly-silicon solar cell. In the method, a ceramic substrate is made of aluminum oxide. The ceramic substrate is coated with a titanium film in an e-gun evaporation system. Dichlorosilane is provided on the titanium film by atmospheric pressure chemical vapor deposition. A titanium-based compound film is formed on the ceramic substrate, 已申請美國發明專利。
- (10) 【金屬量子點敏化太陽能電池元件之製備方法】: 一種金屬量子點敏化太陽能電池元件之製備方法, 係利用由一金屬奈米粒子所形成之量子點, 可吸收入射光中之可見光波段, 並且由於該量子點能將高能量之光子轉換為一電子-電洞對, 利用其熱電子以提高光子轉化效率, 進而藉此提高光伏電壓和產生增強之光生電流, 因此不僅可使整體之轉換效率更加提昇, 並且亦可降低其成本, 已申請我國發明專利。
- (11) 【多層薄膜電極結構及其形成方法】: 本發明揭示一種多層薄膜電極結構及其形成方法, 該電極共由三層不同特性組成之二氧化鈦漿料分別塗佈於基材上所製得。其中包括第一層漿料係使用鈦氧化物在醇溶劑存在下進行溶膠-凝膠反應所製成之較為細緻的二氧化鈦漿料, 第二層漿料由鈦醇鹽在醇溶劑存在下進行酸性水解, 可得一種多孔性奈米二氧化鈦漿料, 及第三層漿料係使用第二層二氧化鈦漿料與由商業購得之二氧化鈦及金屬氧化物粉末混合配製成漿料, 分別塗佈於導電基材上製備成薄膜工作電極。此一由多層不同性質之多層薄膜電極結構, 具有提昇對導電基材之附著性及增加敏化太陽能電池之光能轉換效率, 已申請我國發明專利。
- (12) 【染料敏化電池用之類固態電解質】: 一種類固態電解質, 此類固態電解質為一多孔性複合高分子載體, 內含電解液, 其中 PEOPPO 與 PVDF-HFP 的重量百分比為 0 ~

80%。PEOPPO 中之 EO 與 PO 的重量百分比為 30~80%，EC 與 PC 之重量比為 0~5，EC 與 LiI 之重量比為 0.1~2，EC 與 I₂ 之重量比為 0.01~0.2，EC 與 TBP 之重量比為 0.1~1，已申請我國及美國發明專利。

2. 生質能源轉換系統

- (1) **【富氫氣體燃料生產系統及富氫氣體燃料生產程序】**：本發明關於一種富氫氣體燃料生產系統及其生產程序。該生產程序將水蒸氣、空氣及酒精蒸氣形成之混合氣體輸送至絕熱反應器中之觸媒床；及反應後由絕熱反應器輸出氫氣，本發明減少習知產氫反應器之體積及觸媒成本。已申請我國發明專利。
- (2) **【海藻量產裝置及其方法】**：有關於海藻量產裝置及其方法，主要目的在於可達到大量生產繁殖海藻以供應生質原料轉化能源，已申請我國發明專利。
- (3) **【以游離輻射照射之海藻量產裝置】**：利用輻射激效(hormesis)方法，刺激海藻成長，增加厚度或縮短成長期，達到大量生產繁殖所需海藻之功效者，已申請我國、日本及美國發明專利。

3. 燃料電池發電系統

- (1) **【多層圓管型固態氧化物燃料電池模組】**：本發明係有關於燃料電池以及模組。特別是關於一種利用多層管狀電極，並配合連接管狀電極兩側連接板，以及氣體預熱管路，來減少內電阻、增進燃料電池的運作效率以及節省空間之一種多層圓管型固態氧化物燃料電池模組。(已獲得我國發明專利，專利證號 I271888)。
- (2) **【模組化之固態氧化物燃料電池堆】**：本發明為一模組化之固態氧化物燃料電池堆，藉由分離式卡匣之設計，可改善傳統平板式固態氧化物燃料電池堆不易替換維修之問題，因而可以大幅降低維修以及研發之成本，而其設計亦可加以衍伸至其他類型之燃料電池(已獲得我國發明專利，專利證號 I273733)
- (3) **【平板型固態氧化物燃料電池之電池堆流道】**：本發明主

要為配合電池堆元件而設計連接板與發電基板陽極接觸面上之流道區，迫使燃料流經金屬網並流向反應面，增加燃料和發電基板陽極之直接接觸與作用，以改善電池堆之整體反應效率。框架材料之選用可降低電池堆元件數，簡化電池堆組裝工作，已申請我國、日本及美國發明專利。

- (4) **【燃料電池之電性模擬裝置】**：本創作為燃料電池之電性模擬裝置，其功能可取代固態氧化物燃料電池(SOFC)之電池堆(Stack)，在進行系統整合與電力調節單元(PCU)功能測試時所需之電力輸出特性，並可藉由本創作應用 HIL 技術以完成完整迴路之系統驗證與控制器設計，達到節省測試成本並增進研發品質之目的，已申請我國、美國及歐盟發明專利。
- (5) **【固態氧化物燃料電池結構】**：本發明是有關於一種固態氧化物燃料電池結構，利用 Compact 概念將系統的熱能加以利用，可使該固態氧化物燃料電池減少外部所需能源之提供，達到增加工作效率之功效者，已申請我國、美國、日本及歐盟發明專利。
- (6) **【用於燃料電池之密封材料】**：本發明之主要目的係為提供一種用於固態氧化物燃料電池之密封材料，其係可在常溫下快速硬化，不需高溫之烘乾動作，因而達成維持強度、尺寸和化學穩定性之目的，已申請我國及歐盟發明專利。
- (7) **【固態氧化物燃料電池陽極材料穿透率量測裝置】**：本發明可將固態氧化物燃料電池之陽極材料設置於測試單元中，利用供氣單元與記錄單元之配合，能有效且精確測量陽極材料之穿透率，以判斷陽極材料是否符合需求。對研發 SOFC 之單元電池而言，不僅是一極有效且不可或缺的工具亦能縮短燃料電池的研發時程，已申請我國發明專利。
- (8) **【SOFC 電池堆高溫測漏裝置】**：一種 SOFC 電池堆高溫測漏裝置，係可有效量測用於固態氧化物燃料電池之高溫密封材料之高溫密封能力，並可在動態變化溫度及動態增

加負載等條件量測下，得知該密封材料之密封效能，當在高溫或長時性洩漏率之量測下發生洩漏時，更具有可補救該密封材料失效之機制，進而提供 SOFC 製程或操作程序上之重要參數。本發明另具有可調整測試單元之尺寸大小、可導入不同氣氛及可擴充至電池堆測漏等能力，已申請我國發明專利。

(9) 【玻璃或玻璃-陶瓷組成物之封接方法】：本發明揭露一利用二種或二種以上之玻璃或玻璃-陶瓷作為封接材料，藉由前述材料彼此間之軟化溫度及結晶溫度之差異性，並利用對熱處理程序之控制，在不需要外加墊片之方式下，即可達到封接及固定間距之目的，已申請我國發明專利。

(10) 【玻璃-陶瓷組成物之封接材料】：本發明揭露一可充填於金屬與金屬、陶瓷與陶瓷或金屬與陶瓷接面之間之玻璃-陶瓷組成物封裝材料，其熱膨脹係數並能與之相互匹配，可減少熱應力之產生進而達到氣密和絕緣之效果，已申請我國發明專利。

4. 量子點發光元件之開發研究

(1) 【矽量子點敏化太陽電池矽量子點敏化層之製備方法】：傳統半導體太陽電池係以 III - V 族或矽塊材或矽薄膜等作為光敏化材料，缺點是製程複雜及成本較高，不易為市場接受。2001 年 瑞士 Michael Gratzel 於自然雜誌上 (Nature/Vol.414/15 November 2001)發表以有機染料(dye)作為光敏化材料。缺點是有機染料(dye)是由高分子有機物所組成，經長期太陽光照射後，造成該材料的質變，而不再具備光敏化之行為。本發明係使用地球上藏量相當豐富之矽元素，製作成小於 100 nm 尺寸之矽量子點結構，經吸收太陽光後，產生電子-電洞對，量子點結構可以侷限電子運動與方向，使光電轉換效率之理論值可達 60%以上。本發明係利用電漿增強式化學氣相沉積方法 (Plasma-enhanced vapor deposition ; PECVD)，以 SiH₄ (silane)為原物料(precursor)，以氬氣(Argon)作為稀釋或傳輸氣體(carrier gas)，於反應腔內之 SiH₄ (silane)濃度比或流

量比在 1%-20%範圍，反應腔內之工作氣體壓力為 1-2000 mtorr 範圍，反應腔內之基板工作溫度為室溫至 350°C 範圍。本發明係以 $\text{TiO}_2/\text{ITO}/\text{Glass}$ 導電玻璃為基板，矽量子點結構就直接成長與分佈在 TiO_2 表面層上，採用多次脈衝 (multi-pulses) 之製程模式，包括矽量子點成核 (nucleation) 製程，矽量子點成長 (growth) 製程，與矽量子點表面鈍化 (passivation) 製程等。其中矽量子點表面鈍化 (passivation) 製程為消除矽量子點之氧化或化學侵蝕或機械磨擦等問題，同時可增強光電流與光電壓，矽量子點表面鈍化 (passivation) 製程之氣體材料為氫氣 (H_2) 或甲烷 (CH_4)，或其他可產生氫原子或碳原子之氣體來源。最後於 $\text{TiO}_2/\text{ITO}/\text{Glass}$ 導電玻璃為基板之上表面層獲得一小於 100 nm 尺寸大小之矽量子點分佈。以此製程獲得之矽量子點結構，經太陽光照射後，可獲得光電流為 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ - $1\text{A}/\text{cm}^2$ 範圍，光電壓為 0.1V - 1.0V 或以上範圍，光電轉換效率為 1%-60% 或以上範圍，已獲得我國發明專利（專利證號 I 273721）。

- (2) 【矽豐氧化物白光發光二極體】：雖然矽是今日製作半導體元件主要的材料，而半導體複合物具有直接能隙之特性，是目前製作發光元件首要的選擇。藉由矽晶體的奈米化與量子侷限效應，限制了載子的實際運動空間，擴大了矽的能隙間隔及增強有效輻射之重合率，大幅提昇發光效率於可見光範圍。該發光二極體包含一 UV-LED，一矽豐氧化物薄膜層，及一透明基板。該透明基板係採用玻璃、石英或藍寶石 (三氧化二鋁) 等板材。矽豐氧化物薄膜層包含一二氧化矽薄膜與嵌於該薄膜之矽奈米晶體等組成，二氧化矽薄膜係作為寄宿於其中之矽奈米晶體的母體組織。本發明係一低溫製程，選擇矽烷與一氧化二氮為原物料，利用電漿增強式化學氣相沉積法，氮氣或氫氣等惰性氣體作為稀釋與運送氣體，形成矽奈米晶體均勻散佈在二氧化矽薄膜中。藉由 UV-光激螢光法，獲得一矽豐氧化物白光發光二極體，已獲得我國發明專利（專利證號 I

285447)。

- (3) 【加速器應用於產業清潔製程研究發展一離子佈植技術在面射型半導體雷射之應用】：A light emitting device comprises a substrate, an epitaxial structure positioned on the substrate, an ohmic contact electrode positioned on the epitaxial structure and a current blocking structure positioned in the epitaxial structure. The epitaxial structure comprises a bottom cladding layer, an upper cladding layer, a light-emitting layer positioned between the bottom and the upper cladding layer, a window layer positioned on the upper cladding layer and a contact layer positioned on the window layer. The current blocking structure can extend from the bottom surface of the ohmic contact electrode to the light-emitting layer. According to the present invention, at least one ionic implanting process is performed to implant at least one proton beam into the epitaxial structure to form the current blocking structure。已獲得美國發明專利(專利證號 US7,271,021B2)。
- (4) 【矽量子點覆晶式白光發光二極體之製備方法】：一種矽量子點覆晶式白光發光二極體之製備方法，係利用氣相沉積法獲得多數矽量子點，而將各矽量子點均勻嵌在一薄膜材料中，即形成一矽量子點螢光薄膜材料，之後再將該矽量子點螢光薄膜材料鍍在透明基板上，並將該矽量子點螢光薄膜材料與覆晶式藍-紫外光發光二極體之光粹取面互相黏著，而形成一個發光二極體。藉此，可使該發光二極體發出一呈色均勻之白色光源，已獲得我國發明專利(專利證號 I 287887)。
- (5) 【常壓與冷壁式熱處理製程垂直排列奈米碳管之製備方法】：一種常壓與冷壁式熱處理製程垂直排列奈米碳管之製備方法，係利用一常壓式化學氣相沉積系統 (Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition, APCVD)，在一無需真空之環境下，利用一外加(external)

高週波源，冷壁式(cold-wall)加熱方式，及原物料氣體源之供氣方向與基板面呈垂直狀，經由透明石英管反應室，可即時觀查奈米碳管直接生長在有觸媒材料之表面，並且具有垂直排列方式之表現。另，本發明應用於生產該奈米碳管之設備簡單，且為外加高週波源與冷壁式加熱製程方式，可使該奈米碳管成長製程快速、純度高及具量產之潛力，已申請我國及美國發明專利。

- (6) 【微晶矽或奈米晶矽薄膜之製備方法】：An amorphous silicon (Si) film is taken to form a metal silicide of Si-Al(aluminum) under a high temperature. Al atom is diffused into the amorphous Si film for forming the metal silicide of Si-Al as nucleus site. Then through heating and annealing, a microcrystalline or nano-crystalline silicon thin film is obtained. The whole process is only one process and is done in only one reacting chamber，已申請美國發明專利。
- (7) 【紅外光發光元件及其製備方法】：The present infra-red light-emitting device includes a substrate with an upper surface and a bottom surface, a silicon dioxide film positioned on the upper surface, a plurality of silicon nanocrystals distributed in the silicon dioxide film, a first ohmic contact electrode positioned on the bottom surface. The present method for preparing the infra-red light-emitting device first forms a sub-stoichiometric silica(SiO_x) film on a substrate, wherein the numerical ratio (x) of oxygen atoms to silicon atoms is smaller than 2. A thermal treating process is then performed in a nitrogen or argon atmosphere to transform the sub-stoichiometric silica film into a silicon dioxide film with a plurality of silicon nanocrystals distributed therein. The thickness of the silicon dioxide film is between 1 and 10,000 nanometers and the diameter of the silicon nanocrystal is between 1 and 10 nanometers，已申請美國發明專利。

- (8) 【脈衝式高壓矽量子點螢光燈之製備方法】：一種脈衝式高壓矽量子點螢光燈之製備方法，係先選擇一第一基板，並在該第一基板上先後被覆一鈦金屬薄膜之緩衝層及一鎳、鋁或白金金屬薄膜之催化層，接著在該催化層上生成一奈米碳管或一矽奈米線，藉此以組成一激發源，作為發光元件之陰極組件；另選擇一為透明之第二基板，並於該第二基板上合成一內部可見光螢光薄膜，且該可見光螢光薄膜中係均勻嵌有不同尺寸大小之矽量子點，藉此以組成一發射源，作為該發光元件之陽極組件；利用一外接之脈衝式高壓源與該陰極組件中奈米碳管及矽奈米線，產生一脈衝式場效電子源，可激發該可見光螢光薄膜內部之矽量子點，以獲得一脈衝式可見光源。因此，本發明可利用較低之電能，即可獲得穩定之高亮度可見光源，進而形成一具節能功能之平板型矽螢光燈，已申請我國及美國發明專利。
- (9) 【矽量子點平板型螢光燈之陽極組件製備方法】：一種矽量子點平板型螢光燈之陽極組件製備方法，係利用一激發源及一高壓源提供加速之場效電子源，該高壓源係可提供一電位差，以產生一場效電場與加速該場效電子源內之電子，再藉此場效電子源以加速電子激發一發射源，進而產生一可見光源。藉此，由本發明利用之金屬薄膜、圖形化金屬薄膜或金屬網，與一矽量子點螢光薄膜組合成之陽極組件，對整個發光元件係具有可提昇導熱及電子數倍增之功能，已申請我國發明專利。

三、經濟效益(產業經濟發展)

(一) 量子點太陽電池技術研發

太陽電池是未來主要的再生能源之一，低成本與高效率的量子點太陽電池是計畫目標，也是未來發展的趨勢。目前量子點太陽電池仍處於前瞻性基礎研究階段，深具未來經濟的潛力。

(二) 生質能源轉換系統

1. 利用稻稈農業廢棄物轉化生質酒精，不僅解決稻稈廢棄物問題，亦可建立本土化生質能源技術，創造纖維酒精產業及就業機會。
2. 建立酸催化蒸汽爆裂技術與高固液比之纖維素水解系統，能提昇水解效率、增加初始酒精濃度，對降低後續纖維酒精之生產成本有很大幫助。
3. 在氫經濟推展過程中，固態氧化物燃料電池 (SOFC)、質子交換膜燃料電池 (PEMFC)、運輸工具與加氫站等皆需使用重組器製造氫氣。所以酒精產氫重組器的研發，將為產業界帶來甚大的經濟效益。

(三) 燃料電池發電系統

1. SOFC 燃料電池功率在 1-100 kW 時，可作為獨立運作之分散式發電系統，減少中央供電系統在電力輸送過程中之能源損耗。SOFC 結合熱及電力裝置，提供一安靜操作環境之電力及熱水，可以提供在偏遠地區的建築物使用。
2. BCC (Business Communication Company)於 2003 年 12 月預估 SOFC 產業年平均市場成長率為 22.2%。根據 2007 年 5 月 Freedonia Group 之市場調查及預測報告，2006 年全球燃料電池市場需求值(包括產品及服務)為 4.2 億美元，其中 SOFC 佔 11.1%(約 4700 萬美元)。預測在技術進步、成本降低、油價持續上漲及環保壓力提升的大趨勢下，2016 年之市場需求值將達 84.5 億美元，其中 SOFC 佔 14.7%(約 12.4 億美元)。

(四) 量子點發光元件之開發研究

為降低溫室效應造成全球暖化問題，節能照明系統開發，是全球致力的目標。量子點發光元件具有低成本與高效率的優點，目前仍處於前瞻性基礎研究階段，未來亦有無窮之經濟潛力。

(五) 電力控制管理技術與環境建構

電力控制管理技術與環境建構分項計畫所研發之「智慧型直流電力屋」可減少新能源傳統將直流供電轉換為交流電後，家用直流

負載再將交流電轉換為直流之效率損失（約 15%），並節省上述電能轉換器之設備成本（約 10%）。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)

(一) 量子點太陽電池技術研發

1. 量子點敏化太陽能電池造價便宜，可行性已被證實。目前待技術躍進，以增加穩定性及降低成本。白金奈米技術開發相關材料與製程技術於太陽能技術上，可技轉於民間企業，創造知識經濟之績效。
2. 在台灣本島共計架設八個站（分別在龍潭、南投、嘉義、台南、高雄、屏東、花蓮及台東等地點）的太陽光全日照量測系統，蒐集台灣北、中南及東部定點位置的日照分佈與累計資料，可提供環保潔淨能源之太陽能發電系統架設的參考依據；此外，依據 IEC62108 規範，所規劃建置之太陽能電池模組測試驗證實驗室，可進行國內聚光型太陽能電池模組的相關檢驗測試，建立聚光型太陽能電池模組性能及產品可靠度參考依據。

(二) 生質能源轉換系統

1. 本計畫建立之技術主要支援噸級測試廠之建置，及技轉產業建立年產能 10 萬公秉纖維質酒精工廠，以因應 2011 年國內全面實施 E3 酒精汽油之需求，此發展對提昇自產能源及降低二氧化碳排放皆有莫大之幫助。
2. 酒精重組器使用酒精為原料，酒精屬於再生能源，是自然世界中一種可以循環再生的能源。可由甘蔗、玉米、米、小麥、蕃薯等農作物以及纖維質農業廢棄物製得。酒精重組製造氫氣過程所產生之二氧化碳則不受京都議定書管制，是一個對環境社會不具傷害的環保製程。

(三) 燃料電池發電系統

1. SOFC 使用碳氫化合物為燃料，藉由高溫電化學反應後，剩餘燃料氣體經由後續燃器之燃燒，其排放之溫室效應氣

體，遠低於化石燃料傳統燃燒後之排放值，SOFC 係最潔淨及最高效率的發電裝置之一。

2. SOFC 應用輔助電力系統(APU)—在配合混合動力車之發展，SOFC 輔助電力系統可以提昇燃油之使用效率，並且減少汽車排放之環境污染。燃煤氣化技術與 SOFC 結合發電，功率提昇到 100 MW 以上，可作為高效率及低污染之基載發電廠。

(四) 量子點發光元件之開發研究

太陽電池與創新的量子點發光元件計畫的執行，其目的在提供國家與社會新能/節能/潔能等方面的迫切需求，其研發成果，不僅能提昇國家能源的安全度，且能創造一個潔淨與無污染的可永續生存的環境。

(五) 電力控制管理技術與環境建構

電力控制管理技術與環境建構分項計畫所研發之「智慧型直流電力屋」，具體而微展現新能源之經濟有效應用，可推廣至一般家用負載、偏遠地區、或農漁牧使用新能源，故可推廣業界對新能源電力之投入。

五、其它效益(科技政策管理及其它)

(一) 量子點太陽電池技術研發

配合國家能源科技發展政策，開發低成本與高效率的太陽電池產品，以提昇國內能源科技水準與全球競爭力。

(二) 生質能源轉換系統

本計畫舉辦之纖維酒精技術發展研討會，邀請國內外專家與會，除達到技術交流，也引起國內對纖維酒精之重視，同時使更多生物科技投入纖維酒精之研發，加速國內生質酒精之發展。

(三) 燃料電池發電系統

94 年 6 月舉行之全國能源會議，議題三之綠色能源發展與提高

能源使用效率結論中明確指出加強氫能與燃料電池之研究推廣。本計畫配合此一政策方向進行固態氧化物燃料電池開發，增進民生福祉。

(四) 量子點發光元件之開發研究

配合國家節能科技發展政策，開發低成本與高效率的創新型固態光源，提昇國內節能科技水準與全球競爭力。

(五) 電力控制管理技術與環境建構

電力控管分項所推動之直流電力應用，可推廣新能源電力與家用電器使用。

陸、與相關計畫之配合

- 一、分項計畫間相互支援，使研發資源獲得最有效的運用，例如：「量子點太陽電池技術研發」及「量子點發光元件之開發研究」，其瓶頸技術可互相為用，「電力控制管理技術及環境建構」亦需其他各分項的配合，使計畫目標得以如期如質達成。
- 二、「燃料電池發電系統」與「核能技術在奈米科技之發展與應用計畫」之「SOFC 奈米級粉料及其效能研究」分項計畫密切配合，其所開發研製之電池片，由本計畫協助進行測試、分析，以精進電池片效能。目前該計畫已開發出 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 之電池片，後續將提供給本計畫做為電池堆組裝、測試之用。
- 三、「生質能源轉換系統」配合經濟部標檢局之生質酒精標準發展計畫，完成酒精汽油研發所用之各種料源、產量及品質檢測項目規劃，並協助完成國內生質酒精規範之訂定，促成國內酒精汽油之推廣工作。

柒、後續工作構想之重點

一、量子點太陽電池技術研發

量子點太陽電池目前設定為一長期性的基礎性研究項目，依本所規劃，已調整至 98 年度二期國家奈米計畫，故此分項計畫自 97 年度起調整為『磊晶矽太陽電池之技術研發』。由於目前與預期未來之 10-20 年，矽太陽電池仍將是市場主流，開發高效率與低成本之矽太陽電池是全球產業努力的目標。因此，97 年度本計畫選擇低製作成本之冶金級矽為基板，及薄膜磊晶矽為吸光層，未來進一步將結合矽量子點技術，將高能量光子轉換成低能量光子，低能量光子能有效被矽吸光層所吸收，產生有效的電子-電洞對，獲得高效率與低成本之矽太陽電池。

二、生質能源轉換系統

- (1) 建立稻草、芒草之水熱前處理設備，總糖轉化率達 60 % 以上。
- (2) 建立 Bench-scale 級之同步糖化及發酵程序(SSF)，轉化率提昇至 75 % 以上。
- (3) 應用基因工程技術提昇木糖發酵之酒精產率。
- (4) 建立酒精產氫觸媒重組器系統產氣中一氧化碳抑制技術，使產氣中一氧化碳濃度降低至 100 ppm 以下；完成 2 kW SOFC 用移動式酒精產氫系統設計及耐久性能測試。

三、燃料電池發電系統

- (1) 玻璃陶瓷封裝材料高溫接著長期穩定性提昇、高溫熱循環測漏試驗、開發封裝材料一體成型製程。
- (2) 精進 kW 級電池堆組裝技術，提昇電池堆功率、小型化、輕量化、通過耐久性測試、提高燃料使用率、及簡化組裝程序等，以達到成本降低之目標。
- (3) 建立 2 kW SOFC 發電系統、設計密集式發電裝置，評估 25 ~ 50 kW 發電模組建造能力。

四、量子點發光元件之開發研究

97 年度起量子點發光元件之開發研究與量子點太陽電池技術研發等兩分項計畫將整併為磊晶矽太陽電池之技術研發分項計

畫，本計畫開發之矽量子點/氮化矽薄膜材料，將可完全應用到矽薄膜太陽電池，開發高效率矽太陽電池。

五、電力控制管理技術與環境建構

後續計畫規劃將著重於增強電能轉換器效率，及推廣新能源應用至數百 kW 容量之微電網(Micro Grid)應用。

捌、檢討與展望

一、量子點太陽電池技術研發

量子點太陽電池是未來的太陽電池，亦是本計畫與單位發展的目標與方向，我們將持續注意全球技術發展情形，適時調整研究方向與內容。

二、生質能源轉換系統

國內每批次進料 1 噸之纖維酒精測試廠正在設計建造，本計畫所發展的技術將應用於測試廠之興建。此外，未來對提昇纖維酒精各單元之產率、初始酒精濃度，及藉由基因工程開發生產成本更低之程序，將是重要的研究課題。

三、燃料電池發電系統

96 年度之計畫目標為(1)組裝最高達 1kW 之 SOFC 電池堆；(2) 2kW 級 SOFC 發電系統最佳化設計。96 年度已達成(1)組裝 25 片裝電池堆之發電功率達 1008W；(2)完成 2kW 級系統最佳化概念設計報告，並申請我國、日本、美國及歐盟專利。97 年度之計畫目標為(1)利用本所自製電池片進行組裝，以達到功率密度 $300\text{mW}/\text{cm}^2$ 以上，並進行其耐久性測試；(2)設計建造 2 kW SOFC 密集型發電系統，電池堆部份以自製或外購之電池堆進行設計及組裝。展望未來，SOFC 發電系統能否普及於民生應用除價格因素外，技術面之關鍵在於操作的簡單性及穩定的燃料供應來源。操作簡單將是未來持續努力精進的目標，而穩定的燃料來源將需依賴相關技術(如產氫技術)及公共建設(如天然氣管線)的配合。

四、量子點發光元件之開發研究

量子點發光元件具低成本與高效率等優點，尤其是矽量子點發光元件，更是產業與研究等單位的終極目標。本計畫已建立矽量子點合成技術，未來在如何提昇發光效率及元件製程等方面，仍有許多關鍵技術待突破，亦是我們努力的方向。

五、電力控制管理技術與環境建構

電力控制管理技術與環境建構計畫參與人員，除完成既定目標外，將更積極投入研發作業，以推廣國內新能源之應用。

計畫主持人：李瀛生 聯絡電話：(03)4711400 轉 6600 傳真電話：(03)471-1409

主管簽名：_____