

政府科技計畫績效評估報告

計畫名稱：核能技術在奈米科技之發展與應用

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

執行進度、成果與支用經費皆能符合預計成效，各工作項目在技術上均有顯著進步。

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：

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

質化評述：

成果刊登於國際期刊，不僅能提昇奈米相關技術學術程度，並可增加國際間研發成果之能見度。經評審小組實地查證及討論結果，本項績效評定為「良」。

二、技術創新成就之評述(科技整合創新)

量化評述：

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

質化評述：

SOFC 奈米級粉料及其效能研究、DMFC 奈米觸媒及其效能研究、儲氫材料及其吸氫特性研究、III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用。經評審小組實地查證及討論結果，本項績效評定為「優」。

三、經濟效益之評述(產業經濟發展)

量化評述：

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

質化評述：

藉由奈米薄膜應用於太陽電池之元件製程與特性量測相關成果與業界進行技術移轉計畫。經評審小組實地查證及討論結果，本項績效評定為「良」。

四、社會影響之評述(民生社會發展、環境安全永續)

量化評述：

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

質化評述：

本計畫對國內奈米能源領域技術人才的培育產生積極貢獻。經評審小組實地查證及討論結果，本項績效評定為「良」。

五、其它效益之評述(科技政策管理及其它)

量化評述：

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

質化評述：

本計畫之執行，可使相關技術提升產生延伸性之綜合效益。經評審小組實地查證及討論結果，本項績效評定為「良」。

(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

本計畫 96 年度規劃工作參與 2007 年奈米國家計畫，皆按時提報各項管考報告(季報，半年報，年報)等，並在規劃之初報告執行成果與長程架構說明，配合良好。

伍、計畫經費及人力運用的適善性

一、計畫經費

單位：元

會計科目 \ 項目	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	30,689,000	30,685,372	3,628	良好
3.差旅費				
4.管理費				
5.營業稅				
小計	30,689,000	30,685,372	3,628	良好
二、資本支出	52,906,000	52,906,000	0	良好
設備費	52,906,000	52,906,000	0	良好
合計	83,595,000	83,591,372	3,628	整體執行情形 良好

二、人力運用：

相關研究人員在職級分佈及學歷專長分配皆屬適當，在質與量的控制方面亦相當良好。

陸、後續工作構想及重點之妥適度

一、SOFC 奈米級粉料及其效能研究

- (一) SOFC-MEA 及相關材料粉體之製造程序之最佳化與產品生產之 QC/QA。
- (二) 電漿噴塗工作將建立 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 品質性能穩定 SOFC-MEA，符合自製 SOFC Stack 的要求。
- (三) 開發新材料，以降低 SOFC 之操作溫度到 $500 \sim 650$ ，以金屬材料取代陶瓷元件，增加產品之穩定度、持久性並降低製造與操作成本。
- (四) 將進行 SOFC 相關技術之技轉，扶植國內相關廠商進行量產，搶攻 SOFC 之市場商機與利益，甚至成立國際合作公司搶攻世界市場。

二、DMFC 奈米觸媒及其效能研究

- (一) 阻醇隔絕機制伴隨阻止質子導通機制，造成 MEA 功率提昇不易，未來將嘗試以導電高分子為 Smart Covering Barrier 基材，將可兼具阻醇隔絕機制與維持質子導通機制，應是提昇 MEA 功率之較佳方法。
- (二) 奈米網狀 PtNW 及 PtRuNW 小量合成技術已純熟，目前正在思考量產合成製程及應用，並進行初步合成非白金系 RuSeCNT 及 RuSeWCNT 觸媒，並進行其催化及放電效果驗證。
- (三) 建立 DMFC 膜電極組老化 AC Impedance 測試分析能力。精進無甲醇偵測器之直接甲醇燃料電池燃料供應控制方法之技術，並展示可攜式 DMFC 系統整合應用之能力。

三、儲氫材料及其吸氫特性研究

- (一) 吸氫量在室溫及 10 MPa 壓力下，可達 5.5 wt%。
- (二) 建立量化合成系統，達成每爐次可合成 10 g 的 MOF。
- (三) 展示 10~100 W 的 MOF 儲氫匣運作系統。

四、III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

- (一) 改善太陽電池元件結構與太陽電池磊晶技術，以符合未來更高聚光倍率使用的需求。
- (二) 精進太陽電池抗反射膜的製作技術，以提昇太陽電池抗反射膜特性的穩定性與均勻性。
- (三) 精進太陽電池元件的製作技術，以提昇太陽電池的能量轉換效率，達到符合量產的需求，並且降低生產成本。

柒、綜合意見

- (一) 本計畫之量化績效如期刊論文、專利等均超過年度目標設定值，其質化績效在 SOFC 電池研製、DMFC 系統研發、MOF 儲氫量及 III-V 太陽電池能源效率均達國際水準，整體計畫表現優良。
- (二) 本計畫執行 3 件技術移轉及 2 件技術服務案，具有實質的產業效益。

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：核能技術在奈米科技之發展與應用

主持人：李瀛生

審議編號：96-2001-03-辛 05

計畫期間(全程)：92年1月1日至97年12月31日

年度經費：83,595千元 全程經費規劃：344,401千元

執行單位：核能研究所

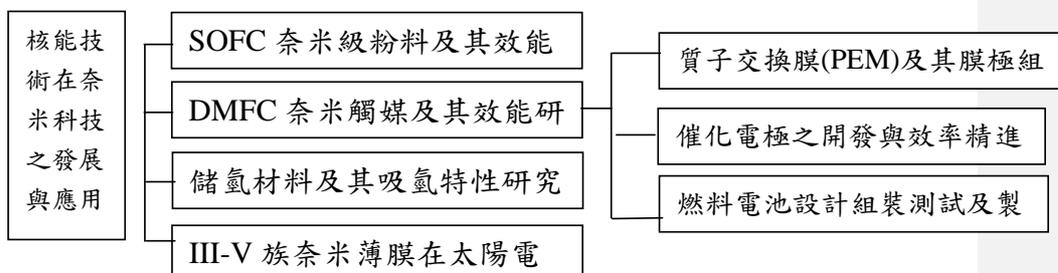
貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的

配合政府『綠色矽島』之施政理念，為增進全民生活品質，促進國家永續發展，行政院原子能委員會核能研究所(以下簡稱本所)將既有之核能技術推廣於奈米科技應用，並轉用於燃料電池及太陽電池之研發，其總目標係在六年內完成：(一)平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)單元之開發設計，並建立單元電池研製及測試技術(功率密度 500 mW/cm^2 ，操作溫度 <800)。(二)建立直接甲醇燃料電池(DMFC)膜電極組(MEA)之製程技術，電池堆(Stack、20-50 W)之設計組裝測試技術，及3C電子產品用DMFC之產品設計試製與測試。(三)開發儲氫材料，提昇其儲氫能力達5.5wt%，並建立儲氫材料儲氫能力驗證之國家級量測中心。(四)完成 III-V 族高效率太陽電池製程技術能力建立，能量轉換效率達35%以上。

二、計畫架構(含樹狀圖)

本計畫 96 年度規劃四項工作，其工作架構如下：



三、計畫主要內容

(一)SOFC 奈米粉料及其效能研究

- 1.以刮刀成型等製程研製 SOFC-MEA 元件(10×10 cm²)
- 2.建立 SOFC 元件電漿噴塗技術(10×10 cm²)
- 3.高效能 SOFC 單元電池研製

(二)DMFC 奈米觸媒及其效能研究

- 1.質子交換膜(PEM)及其膜極組合(MEA)之研究
- 2.催化電極之開發與效率精進研究
- 3.燃料電池設計組裝測試及製程之研究
- 4.燃料電池理論分析技術之建立

(三)儲氫材料及其吸氫特性研究

- 1.儲氫材料(如 MOF)研製
- 2.建立標準吸氫量測能力
- 3.儲氫匣儲放氫展示系統的運作

(四) III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

- 1.開發低串聯電阻之電極圖樣及電極製作技術
- 2.穿隧式接面磊晶條件對串流密度影響之研究
- 3.完成 - 族多接面太陽電池元件開發，能量轉換效率達 33% 以上

計畫持續將奈米科技應用於 SOFC、DMFC、吸氫材料及太陽電池等課題之主要重點為：(1)在 SOFC 方面為建構具奈米結構之電解質及電極層，以增進離子導電率及電池效能，(2)在 DMFC 方面為促進奈米觸媒於質子膜上之分佈均勻度，提昇電池功率密度，(3)在吸氫材料方面為探討具備奈米孔隙新材料之可行性。(4)在太陽電池方面為改進穿隧式接面磊晶品質，降低電極串聯電阻，以提昇多接面太陽電池能量轉換效率。此外，本計畫亦將建立更完整之測試驗證機組及相關模擬與分析工具。

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)

會計科目	項目	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						
3.差旅費						
4.管理費						
5.營業稅						
小計						
二、資本支出						
1.設備費						
小計						
合計	金額	83,595,000		83,595,000 (83,591,372)	100% (100%)	
	占總經費%	100%		100% (100%)		

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：依規劃支用率達100%，無差異。

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	
			學歷	專長
李瀛生	研究員	6人月 計畫主持人	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	材料
胥耀華	副研究員	6人月 SOFC 電池單元 電性量測	學歷	碩士
			經歷	副研究員
			專長	材料科學

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
			學歷	專科
彭成昌	技術員	6 人月 SOFC 電池單元 電性量測	學歷	專科
			經歷	技術員
			專長	電腦繪圖
李茂傳	研究員	11 人月 SOFC 粉體及電 池研發	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	化工/核燃料/精密陶瓷/奈米/SOFC (能源)
高維欣	副工程師	12 人月 SOFC 粉體及電 池研發	學歷	碩士
			經歷	助理工程師
			專長	化工/精密陶瓷/奈米/SOFC
林泰男	副工程師	12 人月 SOFC 粉體及電 池研發	學歷	博士
			經歷	副工程師
			專長	化工-材料/精密陶瓷/奈米/SOFC
張揚狀	副工程師	12 人月 SOFC 粉體及電 池研發	學歷	博士
			經歷	工程師
			專長	化工/精密陶瓷/奈米/SOFC
王俊修	副工程師	12 人月 SOFC 粉體及電 池研發	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	化工/精密陶瓷/奈米/SOFC
葉展生	技術員	10 人月 SOFC 粉體及電 池	學歷	專科
			經歷	技術員
			專長	化工/核燃料/精密陶瓷/奈米/SOFC
范秉琪	技術員	10 人月 SOFC 粉體及電 池研發	學歷	專科
			經歷	技術員
			專長	化工/核燃料/精密陶瓷/奈米/SOFC

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
姜俊雄	技術員	10 人月 SOFC 粉體及電池研發	學歷	專科
			經歷	技術員
			專長	化工/核燃料/精密陶瓷/奈米/SOFC
陳育生	技術員	7 人月 SOFC 粉體及電池研發	學歷	大學
			經歷	技術員
			專長	化工/核燃料/精密陶瓷/奈米/SOFC
黃振興	研究員	12 人月 電漿噴塗 SOFC 元件研究	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	電漿噴塗、物理、電漿應用
羅志宏	副工程師	7 人月 電漿噴塗 SOFC 元件研究	學歷	博士
			經歷	所聘副工程師
			專長	機械、奈米流體
蔡俊煌	助理工程師	12 人月 電漿噴塗 SOFC 元件研究	學歷	碩士
			經歷	專支助理工程師
			專長	化工、半導體
陳中生	研究員	7 人月 電漿噴塗模擬計算	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	電漿噴塗槍模擬、物理
陳長盈	副研究員	12 人月 燃料電池系統整合研究	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	材料與系統工程
章俊隆	助理工程師	12 人月 燃料電池量測分析研究	學歷	碩士
			經歷	助理工程師
			專長	自動化量測
張啟原	助理工程師	12 人月 燃料電池電控管理研究	學歷	碩士
			經歷	助理工程師
			專長	電機工程
楊朋	助理	12 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	
			經歷	專長
	工程師	DMFC 計畫管理	經歷	助理工程師
			專長	機械工程
查厚錦	工程師	12 人月 燃料電池測試及 模擬分析研究	學歷	博士
			經歷	工程師
			專長	機械工程
許智淵	副工程師	12 人月 燃料電池阻抗分 析及效能測試	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	機械工程
黃智麟	副工程師	12 人月 系統組裝與效能 測試	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	機械工程
劉得杏	副工程師	12 人月 系統組裝測試研 究	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	機械工程
王瑞翔	副工程師	12 人月 電池組測試研究	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	化學
簡俊清	副研究員	12 人月 觸媒研發	學歷	博士
			經歷	副研究員,
			專長	化學工程
鄭俊才	顧問	12 人月 催化電極研發	學歷	博士
			經歷	顧問
			專長	電化學工程
黃婉敏	技術員	12 人月 觸媒合成及膜電 極組製作	學歷	高雄工專(二專)
			經歷	技術員
			專長	化學工程
邱顯都	技術員	12 人月 觸媒合成及電化	學歷	高職
			經歷	技術員

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
		學分析	專長	化學工程
林素賢	技術員	12 人月 觸媒合成及效能 分析	學歷	高職
			經歷	技術員
			專長	化工
許寧逸	副工程師	12 人月 膜電極組製作及 效能測試	學歷	博士
			經歷	副工程師
			專長	化工
余明昇	研究員	11 人月 MOF 吸氫材料及 儲氫匣展示	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	材料
王誠佑	副工程師	12 人月 MOF 吸氫材料合 成及 TGA 量測	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	材料
鍾翠芸	助理 工程師	12 人月 MOF 吸氫材料合 成及 TPD 量測	學歷	碩士
			經歷	助理工程師
			專長	化工
吳秀珠	助理 工程師	12 人月 MOF 吸氫材料合 成及 Sievert 量測	學歷	碩士
			經歷	助理工程師
			專長	化工
廖秉彥	副工程師	12 人月 MOF 量化合成	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	工程與系統
吳燕輝	技術員	12 人月 MOF 合成及量化	學歷	初中
			經歷	技術員
			專長	金相、繪圖及合成
徐秀北	技術員	12 人月 協助 MOF 合成	學歷	高工
			經歷	技術員
			專長	礦冶
黃縉華	技術員	12 人月	學歷	高中

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
		儲氫	經歷	技術員
			專長	機械加工
劉健宗	技術員	12人月 計畫行政與工安	學歷	初中
			經歷	技術員
			專長	機械加工
張文帆	技術員	12人月 支授計畫業務	學歷	初中
			經歷	工廠管理
			專長	鉗工
吳志宏	副研究員	6人月 III-V族半導體元 件製程開發與特 性分析	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	半導體元件物理、化合物半導體元件製程、光電元件、電子
趙志剛	工程師	7.2人月 III-V族半導體元 件磊晶分析與設 計	學歷	博士
			經歷	工程師
			專長	半導體薄膜磊晶、製程、分析、設計
高治舟	工程師	6人月 III-V族半導體元 件製程開發	學歷	博士
			經歷	太空中心、核能研究所工程師
			專長	半導體/元件物理、技術、製程
劉庚昇	副工程師	7.2人月 半導體元件特性 量測分析	學歷	碩士
			經歷	核能研究所副工程師
			專長	半導體物理、製程
張峻嶺	副工程師	7.2人月 半導體元件特性 量測分析	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	光學薄膜
鍾淑娟	技術員	6人月 半導體元件黃光 製程開發	學歷	專科
			經歷	技術員
			專長	半導體元件製程、太陽電池
歐陽文炳	技術員	7.2人月 半導體元件電極	學歷	高職
			經歷	技術員

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
		製程開發	專長	半導體元件製程、太陽電池
呂咨賢	助理 工程師	6人月 半導體元件製程 開發	學歷	碩士
			經歷	助理工程師
			專長	薄膜製程、材料分析、太陽電池

與原計畫規劃差異說明：

無

肆、計畫已獲得之主要成就與量化成果(output)

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										

計畫成果效益

PE-002

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										
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										
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 13 篇(發表 8 篇, 申請 5 篇)	"Characterization of Pore Structure in Metal-Organic Framework by Small-angle X-ray Scattering"此篇文章已被 Journal of the American Chemical Society 期刊所接受。該期刊在 SCI/JCR 之分類排序為 6/125, Impact Factor 為 7.4; 在 ISI 「引用總次數」排行榜為第 7 (Nature 及 Science 分別為第 3 及第 4), 足見所提 MOF 的孔洞結構特性的探討, 有其開創及啟發性。	此篇文章重點為利用小角度 X 光散射技術定量研究金屬有機骨架材料(MOF-5)之真實結構細節、包括孔洞表面特性、形狀、大小分佈、比表面積、空間分佈及孔洞(奈米級)之網路結構。同時結合臨場小角度及廣角散射研究其晶體結構與孔洞, 對儲氫材料特性研究有重要之貢獻。
	B 研究團隊養成	3 個團隊	建立 SOFC 電池單元性能測試實驗室、儲氫測試實驗室及太陽電池電性測試實驗室。	SOFC-MEA 電性測試系統改善, 其結果有助於充分了解 MEA 性能及製程之關係。
	C 博碩士培育	參與計畫執行之碩士研究生 5 人	培育在電性測試、SOFC-MEA 製程、DMFC 元件及控制技術等方面, 協助計畫推動效益顯著。	
	D 研究報告	數量 30 篇	包括 SOFC17 篇、DMFC 10 篇、MOF 儲氫碳材 1 篇, III-V 族太陽電池 2 篇, 相關成果可作為本計畫後續研發工作之參考。	
	F 形成教材	完成"燃料電池與電化學技術"工具書	此工具書將本所目前研發之 SOFC 及 DMFC 相關核心技術進行完整之分析及論述。	可作為燃料電池相關產業研究人士之重要參考資料。
技術創新(科技整合創新)	G 專利	申請 45 篇、獲得 9 篇(國外 2 件、國內 7 件)	本計畫相關研究成果所申請之專利, 除可藉由專利保護鞏固本所寶貴之研發成果, 並可與業界進行技術移轉與服務等相關合作。	目前太陽電池及 DMFC 相關專利成果已獲業界肯定, 並與業界簽訂技術移轉合約, 簽約金收入共計 900 萬元, 權利金共計 1 億 5,000 萬元。
	H 技術報告	數量 5 篇	此 5 篇技術報告將 DMFC 堆疊電池組、性能測試、電源管理及系統整合等核心技術進行詳細敘述, 並針對可攜式燃料電池發展市場進行評析。	註解 [1]: 註解 [2]:

計畫成果效益

PE-002

	I 技術活動	發表於國內或國外研討會 (8 場次) 1. 2006 年中國材料科學年會 2. 2007 年中國材料科學年會 3. 第一屆台灣氫能與燃料電池學術研討會 4. 中華民國陶業學會年會 5. ACSEA 2007 6. 2007 亞太再生能源研討會 7. 2006 化學工程年會 8. 2007 化學工程年會	發表於主要之國際研討會 (2 場次) 1. 4th International Conference on Solar Concentrators for the Generation of Electricity or Hydrogen 2. 2007 台灣小型燃料電池研討會	DMFC 除與多家國內外廠商 (如 Antig, DuPont, PolyFuel and Acta) 進行技術交流。今年亦與 DMFCC 簽訂團隊合作契約書 (96 年 8 月~99 年 8 月), 成為策略夥伴聯盟, 共同發展商用產品, 以期儘速達成 DMFC 商品化及本所技轉與業界之成效。
	J 技術移轉	太陽電池與 DMFC 分別與業界公司簽訂技術移轉協定	1. 太陽電池與業界公司訂定簽約金收入 500 萬元, 權利金 1 億元。 2. DMFC 與業界公司訂定簽約金 300 萬元, 權利金 5,000 萬元。	藉由本計畫技術移轉執行進而與業界合作, 除可順應國家政策之發展目標, 並可為國內潔淨能源產業及奈米能源產業的發展提供積極助益。
	S 技術服務	太陽電池分別與兩家業界公司簽訂技術服務協定	太陽電池與兩家業界公司技術服務金分別為 200 萬及 400 萬元。	藉由技術服務, 將本所太陽電池相關研發技術經驗扶植業界, 可為我國多接面太陽電池技術發展提供實質助益。
社會影響	民生社會發展	R 增加就業	人數 10	藉由本計畫之執行, 以增加工方面之奈米技術人員就業率。

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)

本計畫研究成果皆刊登於國際期刊，其成果不僅能提昇本所奈米相關技術學術程度，並可增加本所於國際間研發成果之能見度，以下為本計畫所發表之學術期刊：(出刊 8 篇，申請 5 篇)

- (一) Chang-Sing Hwang, Chia-Ho Yu, " Formation of Nanostructured YSZ/Ni Anode with Pore Channels by Plasma Spraying", Surface & Coatings Technology, 201 (2007) 5954-5959.
本篇內容係國際上首先開發出具奈米氣體通道之 YSZ/Ni 奈米結構陽極，對增大 TPB 三相界面有很大幫助。
- (二) Ian-Bo Chen, Shuang-Shii Lian, Chia-Ying Li, Wei-Ja Shong, R.Y. Lee, "The Alloy Design of Metallic Interconnector of Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) ", Materials Science Forum, 561-565 (2007) 1617-1620.
研究不同的 Fe-Cr 比合金做為 SOFC 連接板材料。自行以電漿熔爐煉製各種合金，並量測各種合金的熱膨脹係數及面積比電阻值，結果發現 Fe-10Cr 合金具最小熱膨脹係數，而 Fe-16Cr 合金的面積比電阻值最低。
- (三) Chun-Ching Chien, King-Tsai Jeng , " Noble Metal fuel cell catalysts with nano-network structures", Materials Chemistry and physics, 103 (2007) 400-406.
本篇研究具三度空間結構之貴金屬 Pt 及 Pt-Ru 奈米網狀觸媒，乃是利用一先進方法製成，分別作為直接甲醇燃料電池(DMFC)的陰極及陽極觸媒並探討其工作表現。在 40-80 溫度下進行測試，其單位觸媒(即每 1.0 g/cm²)之功率密度為傳統 DMFC 之 3-4 倍。
- (四) Chun-Lung Chang, Charn-Ying Chen, Chai-Chi Sung, Der-Hsing Liou, "Fuel sensor-less control of a liquid feed fuel cell system under steady load for portable applications", Journal of Power Sources, 164 (2007) 606-613.
本研究提供一種可應用於變動負載情況下，無甲醇濃度感測器燃料電池之燃料供應控制方法。經由實驗證實，本方法可以有效地控制燃料電池燃料之供應，使系統在較佳的燃料濃度條件下操作，即使在 MEA 老化的情況下系統依然可以運作，可以有較高的燃料效率。藉由省略液態燃料濃度感測器之使用，可以降低發電系統之體積與重量，進而可使系統有較高的能量密度，降低燃料電池之生產成本，降低系統的複雜度，進而提高系統可靠度與耐久性。
- (五) Charn-Ying Chen, Der-Hsing Liou, Chih-Lin Huang, Chun-Lung Chang, "Portable DMFC system with methanol sensor-less control",

Journal of Power Sources, 167 (2007) 442-449.

本研究係系統整合電池疊堆(Stack)、冷凝器、及無甲醇濃度感測器燃料控制技術，研發設計製作 20 W 可攜式直接甲醇燃料電池 (DMFC)，本系統採用無甲醇濃度感測器燃料控制方法，以提昇燃料使用效率和耐久度，小型化和降低成本，將加速 DMFC 應用於 3C 電子產品上。

- (六) Ming-Chi Tsai, Tsung-Kuang Yeh, Charng-Ying Chen, Chuen-Horng Tsai, "A catalytic gas diffusion layer for improving the efficiency of a direct methanol fuel cell", Electrochemistry Communication, 9 (2007) 2299-2303.

本研究係利用碳奈米管當載體直接成長在碳布上，並生長奈米之 Pt-Ru 顆粒均勻附著於碳奈米管上，從而製作出具高催化效能之 MEA。

- (七) King-Tsai Jeng, Wan-Min Huang, Chun-Ching Chien, Ning-Yih Hsu, "A versatile electrochemical fuel sensor for direct membrane fuel cell applications", Sensors and Actuators, B 125 (2007) 278-283. 利用燃料電池之原理於甲醇偵測器之設計，主要是測量甲醇之電化學氧化反應所產生之電流而推算出甲醇濃度。本研究設計的主要考量是儘量放大陰極面積而縮小陽極面積，使其有足夠之氧氣完全氧化滲透至陽極/質子交換膜界面之甲醇。其優點為可利用被動模式或主動模式兩種方式操作。

- (八) Yen-Cheng Li, Kuei-Bai Chen, Hsin-Lung Chen, Chain-Shu Hsu, Cheng-Si Tsao, Jean-Hong Chen, Show-An Chen, "Fractal Aggregates of Conjugated Polymer in Solution State", Langmuir, 22 (2006) 11009-11015.

本工作利用小角度中子散射研究導電性共軛高分子(DP6-PPV)在氣及甲苯兩種溶液中的分子鏈間聚集行為，由於溶劑效應顯現不同碎形(fractal)聚集。本工作也研究其在不同加熱溫度下之聚集行為變化，這些聚集的網路結構決定其獨特的電性和光子半導體性質。

- (九) Cheng-Si Tsao, Ming-Sheng Yu, Tsui-Yun Chung, Hsiu-Chu Wu, Cheng-Yu Wang, Kuei-Sen Chang, Hsin-Lung Chen "Characterization of Pore Structure in Metal-Organic Framework by Small-angle X-ray Scattering".

本工作利用小角度 X 光散射技術定量研究金屬有機骨架材料 (MOF-5) 之真實結構細節、包括孔洞表面特性、形狀、大小分佈、比表面積、空間分佈及孔洞 (奈米級) 之網路結構。同時結合臨場小角度及廣角散射研究其晶體結構與孔洞，隨加熱溫度時變化同時演化。此結構與儲氫特性有極密切關聯性。

註：此篇已被 Journal of the American Chemical Society 期刊同意刊登。該期刊在 SCI/JCR 之分類排序為 6/125，Impact Factor 為 7.4；在 ISI 「引用總次數」排行榜為第 7 (Nature 及 Science 分別為第 3 及第 4)，足見所提

MOF 的孔洞結構特性的探討，有其開創及啟發性。

二、技術創新(科技整合創新)

(一) SOFC 奈米級粉料及其效能研究

以奈米 8YSZ 粉料研製全緻密電解質層，確保 SOFC-MEA 品質之穩定，提高電能功率密度及耐久性，並有抗 Thermal cycling 之能力，以滿足 SOFC 產品上市之品質保證及需求。

(二) DMFC 奈米觸媒及其效能研究

本年度精進 DMFC Stack 及系統之組裝及測試技術，採用雙極板方式組裝 DMFC Stack，其功率密度可達 83 mW/cm^2 (60-70)，DMFC 系統方面亦發展出 Methanol Sensor-less Control 技術，可有效控制燃料之輸出，此創新技術目前已授權予業界，並收取簽約金，預計近期將有初期 DMFC 商用(early market)產品問世。

(三) 儲氫材料及其吸氫特性研究

本所與美國西南研究院氫能實驗室合作，為 Bridge Building Treatment 試樣相互驗證，並由該實驗室計畫主持人 Mr. Michael A. Miller 將本所之 MOFs 試樣合成能力與試樣儲氫能力公諸於 DOE Hydrogen Program: 2007 Annual Progress Report 期末報告 Storage Testing, Safety and Analysis 項目中，可提昇本所於國際之知名度。

(四) III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

利用物理式的蒸鍍方法取代電解式的電鍍方法製作形成厚金屬電極，不但可以充分掌握太陽電池元件生產的關鍵技術，亦可大幅改善太陽電池元件特性的均勻度與太陽電池良率由改善前的 ~70% 提昇至大於 90% 以上，而且可以降低太陽電池量產的困難與達到大量生產的規模，進一步降低太陽電池生產成本。

三、經濟效益(產業經濟發展)

(一) SOFC 奈米級粉料及其效能研究

SOFC 相關產品之市場利益，依美國 DOE 相關評估具百億美元以上產值，尤其是在大型發電廠、中型社區電力供應與小型醫院/超高持續性電力供應需求等，將扮演極重要之角色。對提昇能源轉化效率與對環境清潔能源需求，確實可以提供滿意之方案。

(二) DMFC 奈米觸媒及其效能研究

我國雖然在 DMFC 研發技術起步較慢，但因中小企業經濟體系對市場適應性強，經營彈性佳，在製程應用上有成熟之技術，故可大幅提昇研發能力，使產品具國際競爭力。在製造生產方面，在複合碳板量產開發上擁有低成本製造優勢，目前已有塑膠射出成型廠商投入研發生產，盼以此方式提昇製程效率，由於目前 DMFC Stack 零組件中，複合碳板佔最大比重，因此未來國內可利用此一

優勢爭取成為全球燃料電池 Stack 之組裝生產基地。於 BOP 次系統方面，國內於電力轉換與電能控制系統研發已有台達電等具有國際競爭力之公司積極投入，因此自行生產有相對技術移植優勢。而維持系統運轉之空壓機、增溼器、氣體管閥，溫度及壓力等偵測元件部份，以國內既有電機及機械零件工業為基礎，業者多有技術及能力製作量產。如掌握上述國內工業優勢，即可大幅增加台灣發展 DMFC 產業的核心競爭力。而本所於燃料控制技術方面，目前可使用 100 wt% 純甲醇，提昇整體能量密度，並研發出無甲醇感測器控制技術。DMFC Power Pack 已配合此成果，增加系統運轉可靠度，及降低甲醇感測器製作所需費用。本計畫已將上述研發成果技轉於業界，並已收取簽約金 300 萬元，權利金上限 5,000 萬。

(三) 儲氫材料及其吸氫特性研究

由於石化燃料的日益短缺，且京都協議書對石化燃料二氧化碳之產物有所限制，因此，研發氫能儲存材料是提昇國家經濟力之關鍵。DOE 訂定車用氫氣儲存系統(on-board hydrogen storage systems)之標準須於 2010 年前達到 2 kWh/kg (6 wt%)。若能成功研發出一種低密度、室溫下具高儲氫量、且室溫下可自然脫氫使用之儲氫材料，即能符合 DOE 對氫能儲氫系統的要求，則可應用在搭載燃料電池之汽車工業上。

(四) III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

本計畫目前開發完成之 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池在聚光強度為 106 suns 時，能量轉換效率可達 32.6%，已經達到產品可市場化的要求。此等技術未來將應用於與國內業界合作建立產業化能力上，為我國多接面太陽電池技術發展提供實質助益。而本計畫藉由上述太陽電池於元件製程與特性量測相關成果，與業界進行技術移轉計畫，共計簽約金收入 600 萬元，權利金上限 1 億。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)

藉由本計畫的執行及與業界的合作，除可順應國家政策之發展目標，並可為國內潔淨能源產業及奈米能源產業的發展提供積極助益。此外，國內奈米能源領域技術人才極為匱乏，故將持續培訓國內研究生參與相關研發工作，因此，本計畫的執行將可對國內奈米能源領域技術人才的培育產生積極貢獻。

五、其它效益(科技政策管理及其它)

(一) 計畫已獲得之主要成就與成果 (output)

1. SOFC 奈米級粉料及其效能研究

- (1) 電漿噴塗：開發電漿噴塗中低溫金屬支撐 LDC+Ni/LDC/LSGM/LSGM+LSCF/LSCF SOFC MEA 研製技術，其輸出功率密度為大於 300 mW/cm^2 (800)，已近世界水平。
- (2) 建立 SOFC 電池片效能測試系統與技術，測試數據提供電池片製作時製程參數調整依據；並建立熱流、結構模擬分析之能力，模擬結果已與實驗結果相互驗證，日後可針對新設計裝置先行分析，以提供設計者之參考。

2. DMFC 奈米觸媒及其效能研究

- (1) 建立甲醇阻抑性質子交換膜及其膜極組合之研製能力，以各式完成之阻抑膜技術研製對應之阻抑膜/MEA，其中阻抑膜之甲醇擴散係數 D 介於 $5 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-7} \text{ sec/cm}^2$ (D Nafion 117 = $2 \times 10^{-6} \text{ sec/cm}^2$)，質子交換膜質子導通率 ($\mu = 0.11 \sim 0.003 \text{ S/cm}$)，在 80 之最佳功率表現約 100 mW/cm^2 較 Nafion/MEA(參考式樣)之 90 mW/cm^2 約高 10%。
- (2) 催化電極之開發與效率精進研究能力部分，已研發出高效率之新型觸媒 80%Pt/CNT, Pt50%Ru25%/CNT 及 PtRuIr/CNT，經應用於自製之 DMFC 上發電功率可達 120 mW/cm^2 (80)，並建立 10 克級/次之製程。
- (3) 燃料電池設計組裝測試及製程研究能力部分，研發完成 40 W 可攜式 DMFC 電源供應系統，供 Notebook 使用。系統使用無甲醇感測器控制技術，使用 400 cc 之 100 wt% 純甲醇時，可連續運轉 8-10 hr。

3. 儲氫材料及其吸氫特性研究

- (1) 完成儲氫量測技術與美國西南研究院氫能國家實驗室的驗證，同時驗證了本所的試樣合成能力、儲氫量測技術、以及試樣的高儲氫能力。
- (2) 利用不同的觸媒、以及不同後處理方式，進行改質 MOFs 以提昇儲氫量，目前室溫高壓最高儲氫量可達 4.7 wt%。
- (3) 完成小型儲氫匣在 3 W 燃料電池上的應用測試。

4. III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

- (1) 改善聚光型三接面太陽電池穿隧接面之生長條件，太陽電池的 fill factor 平均值由 0.75 提昇至 0.82 以上，增加太陽電池

的產出功率。

- (2)調整與改善聚光型太陽電池的元件製程技術，大幅提昇聚光型三接面太陽電池功能特性的均勻性與元件良率至 90% 以上。
- (3)完成具有金屬銅(Cu)的電極結構 Ge/Cu/Ni/Au 於 n-type GaAs 材料上形成歐姆接觸電極之研究，電極之特性接觸阻抗最低值為 $5 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}^2$ 。
- (4)完成具有金屬銅(Cu)的電極結構 Ni/Pt/Cu/Au 於 p-type GaAs 材料上形成歐姆接觸電極之研究，電極之特性接觸阻抗最低值為 $2.2 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}^2$ 。
- (5)完成之 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池在聚光強度為 101 suns 時，其開路電壓為 2.77 V，短路電流為 0.352 A，填充因數為 0.87，最大輸出功率約為 0.845 W，能量轉換效率可達 32.6%。

(二) 計畫主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

1. SOFC 奈米級粉料及其效能研究

在 SOFC 方面，藉由微結構之觀察及電池單元之測試，顯示奈米級 YSZ 粉體已能成功地製作出緻密電解質薄膜；應用大氣電漿噴塗技術，亦開發出具奈米結構之中溫 (600~800°C) SOFC 單元電池；此 SOFC-MEA ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) 之開路電位均大於 1.0 V，功率密度大於 300 mW/cm^2 。

2. DMFC 奈米觸媒及其效能研究

DMFC 系統已成功研發應用於 Notebook 之可攜式 40 W DMFC Power Pack。並於材料研發、元件組裝及運轉測試上皆有相關研發成果。DMFC Stack 已研發完成 20-cell 之疊堆電池組，最大輸出功率達 $83 \text{ W @ } 70^\circ\text{C}$ (Air, 1 M)，並建立電池組長效性測試之能力。於燃料控制技術方面，目前可使用 100 wt% 純甲醇，提昇整體能量密度，並研發出無甲醇感測器控制技術，以增加系統運轉可靠度，及降低甲醇感測器製作所需費用。目前已完成將上述研發成果技轉於業界，並已收取簽約金。於國內外合作方面，除與國內學術單位進行研究外，並與國內外燃料電池主要發展廠商(如 Antig, DuPont, PolyFuel, Acta and DMFCC)技術交流成為策略夥伴聯盟，以期儘速達成 DMFC 商品化及本所技轉與業界之成效。

3 儲氫材料及其吸氫特性研究

利用本所自行合成之 IRMOF-8，並與市售之 Pt/AC、D-glucose 以 3:1:1 之比例，進行 Bridge Building Treatment 後處理，已成功提昇儲氫量至 4.7 wt% at R.T. (6.9 MPa)。於儲氫量測方面，本年度經派員至美國西南研究院氫能實驗室實習後，已針對實驗重點進行改善，提昇儲氫量測準確度。未來更希望利用已有之成果，持續研發更高儲氫量之試樣。

4. III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

本計畫目前開發完成之 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池在聚光強度為 101 suns 時，能量轉換效率可達 32.6%，已經達到產品可市場化的要求；另一方面，本計畫已開發完成具有金屬銅 (Cu) 的電極結構於 n-type GaAs 材料與 p-type GaAs 材料上形成歐姆接觸電極之技術，未來更可進一步應用於 III-V 族化合物半導體元件的製作上，減少貴重金屬的使用，藉以降低半導體元件的生產成本，為國內半導體元件技術發展提供實質助益。

陸、與相關計畫之配合

本計畫 96 年度規劃工作參與 2007 年奈米國家計畫，皆按時提報各項管考報告(季報，半年報，年報)等，並在規劃之初報告執行成果與長程架構說明，配合良好。

柒、後續工作構想之重點

一、SOFC 奈米級粉料及其效能研究

- (一) SOFC-MEA 及相關材料粉體之製造程序之最佳化與產品生產之 QC/QA。
- (二) 電漿噴塗工作將建立 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 品質性能穩定 SOFC-MEA，符合自製 SOFC Stack 的要求。
- (三) 開發新材料，以降低 SOFC 之操作溫度到 500~650，以金屬材料取代陶瓷元件，增加產品之穩定度、持久性並降低製造與操作成本。
- (四) 將進行 SOFC 相關技術之技轉，扶植國內相關廠商進行量產，搶攻 SOFC 之市場商機與利益，甚至成立國際合作公司搶攻世界市場。

二、DMFC 奈米觸媒及其效能研究

- (一) 阻醇隔絕機制伴隨阻止質子導通機制，造成 MEA 功率提昇不易，未來將嘗試以導電高分子為 Smart Covering Barrier 基材，將可兼具阻醇隔絕機制與維持質子導通機制，應是提昇 MEA 功率之較佳方法。
- (二) 奈米網狀 PtNW 及 PtRuNW 小量合成技術已純熟，目前正在思考量產合成製程及應用，並進行初步合成非白金系 RuSeCNT 及 RuSeWCNT 觸媒，並進行其催化及放電效果驗證。
- (三) 建立 DMFC 膜電極組老化 AC Impedance 測試分析能力。精進無甲醇偵測器之直接甲醇燃料電池燃料供應控制方法之技術，並展示可攜式 DMFC 系統整合應用之能力。

三、儲氫材料及其吸氫特性研究

- (一) 吸氫量在室溫及 10 MPa 壓力下，可達 5.5 wt%。
- (二) 建立量化合成系統，達成每爐次可合成 10 g 的 MOF。
- (三) 展示 10~100 W 的 MOF 儲氫匣運作系統。

四、III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

- (一) 改善太陽電池元件結構與太陽電池磊晶技術，以符合未來更高聚光倍率使用的需求。
- (二) 精進太陽電池抗反射膜的製作技術，以提昇太陽電池抗反射膜特性的穩定性與均勻性。
- (三) 精進太陽電池元件的製作技術，以提昇太陽電池的能量轉換效率，達到符合量產的需求，並且降低生產成本。

