

行政院原子能委員會
97 年度科技計畫期末報告

核能技術在奈米科技之發展與應用

計畫編號：A-EE-03

執行單位：核能研究所

計畫主持人：李瀛生

報告日期：97 年 12 月 30 日

目 錄

壹、基本資料.....	1
貳、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	1
一、計畫目的.....	1
二、計畫架構(含樹狀圖).....	1
三、計畫主要內容.....	2
參、計畫經費與人力執行情形.....	3
一、計畫經費執行情形：.....	3
(一)計畫結構與經費(金額單位：千元).....	3
二、計畫人力運用情形：.....	5
(一)計畫人力(人年).....	5
(二)主要人力投入情形(副研究員級以上).....	6
肆、計畫已獲得之主要成就與量化成果(output).....	9
伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome).....	12
一、學術成就(科技基礎研究)(權重 40%).....	12
二、技術創新(科技整合創新)(權重 40%).....	19
三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 10 %).....	20
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重_5_%).....	21
五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 5 %).....	22
陸、與相關計畫之配合.....	25
柒、後續工作構想之重點.....	26
捌、檢討與展望.....	27
附錄：佐證圖表.....	29

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：97-2001-03-辛 01
 計畫期間(全程)：92 年 1 月 1 日 至 97 年 12 月 31 日
 年度經費：97,435 千元 全程經費規劃：351,832 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 $<800^\circ\text{C}$)。(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(20~50 W)之設計組裝測試技術，及DMFC應用於3C電子產品之設計試製與測試。(三)開發儲氫材料，提昇其儲氫能力達5.5 wt%，並建立儲氫材料儲氫能力驗證之技術。(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 97 年度規劃四項工作，其工作架構如下：



三、計畫主要內容

本年度之研發目標分述如下：

(一)SOFC 奈米級粉料及其效能研究

1.SOFC-MEA 相關陽極、電解質及陰極材料之生產與研製

- (1)例行1公斤級YSZ/NiO-YSZ/LSM/LSCF/GDC之自產供研發使用。
- (2)運轉在650~750°C，電解質LSGM/YDC之程序開發與參數之最適化。

2.SOFC-MEA (ASC Type 及 MSC Type)單元電池與相關基板之製作與性能改善

- (1)MEA 單元電池(10×10 cm²)之製作/性能測試(含微結構分析及電功率密度之測試)與改善，最大功率密度達500 mW/cm²(800°C)
- (2) SOFC 單元電池長期效能測試(>500 小時)。

(二)DMFC 奈米觸媒及其效能研究

- 1.應用自製奈米觸媒於INER研發出之DMFC系統，供3C產品使用，以促成具競爭力之商品為目標。
- 2.研發甲醇阻抑膜及膜極整合技術，提昇甲醇燃料之適用濃度達12 wt%規格。
- 3.發展40~60 W DMFC Power Pack，供電動代步車使用。

(三)儲氫材料及其吸氫特性研究

- 1.吸氫量在室溫及10 MPa壓力下，可達5.5 wt%。
- 2.建立量化合成系統，達成每爐次可合成10 g的MOF。
- 3.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

- 1.開發低串聯電阻之電極圖樣及電極製作技術。
- 2.開發光學鍍膜製程技術。

- 3.完成 III-V 族多接面太陽電池元件開發，能量轉換效率在~100 個太陽條件下達 35%以上。

計畫持續將奈米科技應用於 SOFC、DMFC、儲氫材料及太陽電池等課題之主要重點：(1)在 SOFC 方面為建構具奈米結構之電解質及電極層，以增進離子傳導率及電池效能。(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)在儲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，本計畫亦將建立完整之測試驗證能力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：

(一)計畫結構與經費(金額單位：千元)

細部計畫 (分支計畫)		研究計畫 (分項計畫)		主持人	執行機關	備註
名稱	經費	名稱	經費			
核能技術在奈米科技之發展與應用	97,435			李瀛生	核能研究所	
		SOFC 奈米級粉料及其效能研究(6/6)	55,779	李茂傳	核能研究所	
		DMFC 奈米觸媒及其效能研究(6/6)	23,270	李瀛生	核能研究所	
		儲氫材料及其吸氫特性研究(6/6)	5,000	余明昇	核能研究所	
		III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用(6/6)	13,386	吳志宏	核能研究所	

(二)經資門經費表

會計科目	項目	預算數(執行數)/元			備註(97.12.30止)	
		主管機關預算 (累計分配數)	自籌款	合計		
				流用後預算數 (實際執行數)		占總經費% (占總執行數%)
一、經常支出						
1.人事費						
2.業務費						
		43,525,000		41,275,000 (41,244,306)	42.36% (42.33%)	業務費流出 2,250,000 元
3.差旅費						
4.管理費						
5.營業稅						
小計						
		43,525,000		41,275,000 (41,244,306)	42.36% (42.33%)	
二、資本支出						
1.設備費						
		53,910,000		56,160,000 (56,144,803)	57.64% (57.62%)	由業務費流入 2,250,000 元
小計						
		53,910,000		56,160,000 (56,144,803)	57.64% (57.62%)	
合計	金額	97,435,000		97,435,000 (97,389,109)	100% (99.95%)	
	占總經費% (執行數÷總預算)	100%		100% (99.95%)		

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、計畫人力運用情形：

(一)計畫人力(人年)

計畫名稱	執行情形	總人力	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
核能技術在奈米科技之發展與應用	原訂	58.10	4.19	10.4	16.82	26.69
	實際	52.63	5	13.8	17.40	16.43
	差異	-5.47	+0.81	+3.4	+0.58	-10.26
SOFC 奈米級粉料及其效能研究	原訂	21.6	1.5	2.8	5.7	11.6
	實際	14.05	2.5	3.75	4.0	3.8
	差異	-7.55	+1.0	+0.95	-1.7	-7.8
DMFC 奈米觸媒及其效能研究	原訂	19.4	1.6	3.0	7.8	7.0
	實際	18.93	1.5	5.9	6.2	5.33
	差異	-0.47	-0.1	+2.9	-2.6	-1.67
儲氫材料及其吸氫特性研究	原訂	10.12	0.92	1.3	2.9	5.0
	實際	13.35	1	2.35	5.0	5.0
	差異	+3.23	-0.08	+1.05	+2.1	0
III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用	原訂	6.98	0.17	3.3	0.42	3.09
	實際	6.3	0	1.8	2.2	2.3
	差異	-0.68	-0.17	-1.5	+1.78	-0.79

說明：

研究員級：研究員、教授、主治醫師、簡任技正、若非以上職稱則相當於博士滿三年、或碩士滿六年、或學士滿九年之研究經驗者。

副研究員級：副研究員、副教授、總醫師、薦任技正、若非以上職稱則相當於博士、碩士滿三年、學士滿六年以上之研究經驗者。

助理研究員級：助理研究員、講師、住院醫師、技士、若非以上職稱則相當於碩士、或學士滿三年以上之研究經驗者。

助理：研究助理、助教、實習醫師、若非以上職稱則相當於學士、或專科滿三年以上之研究經驗者。

(二)主要人力投入情形(副研究員級以上)

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
李茂傳	研究員	11 人月 共同主持人	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	化工/核燃料/精密陶瓷/奈米/SOFC
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
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	材料
張揚狀	工程師	11 人月 SOFC 粉體及電 池研發	學歷	博士
			經歷	工程師
			專長	化工
熊惟甲	副研究員	4.8 人月 SOFC 電池單元 電性量測	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	非破壞檢測
李瑞益	副研究員	1.2 人月 SOFC 電池單元 電性量測	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	原子為工程
江烈光	工程師	2.4 人月 SOFC 電池單元 電性量測	學歷	博士
			經歷	工程師
			專長	機械工程
柳輝忠	工程師	3.6 人月 SOFC 電池單元	學歷	博士
			經歷	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	
			專長	學、經歷
		電性量測	專長	機械工程
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	4 人月 電漿噴塗 SOFC 元件研究	學歷	博士
			經歷	副工程師
			專長	機械、奈米流體
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	11 人月 燃料電池測試及 模擬分析研究	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	材料與系統工程
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
簡俊清	副研究員	12 人月 催化電極研發	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
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
張慧良	副研究員	12 人月 MEA 研發	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	化學工程

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
余明昇	研究員	12 人月 共同主持人	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	材料
曹正熙	副研究員	6 人月 MOF 吸氫材料合 成及 TGA 量測	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	材料
曾宦雄	工程師	12 人月 MOF 吸氫材料合 成及 TPD 量測	學歷	博士
			經歷	工程師
			專長	材料科學
曾怡仁	副工程師	10.2 人月 MOF 量化合成	學歷	博士
			經歷	副工程師
			專長	量子化學模擬
吳志宏	副研究員	6 人月 共同主持人	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
辛華煜	副研究員	1.2 人月 III-V 族半導體元 件製程開發	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	電機、半導體元件物理、光電元件、電子、物理
洪慧芬	副研究員	1.2 人月 III-V 族半導體元 件製程開發	學歷	碩士
			經歷	副研究員
			專長	半導體/元件物理、技術、製程
趙志剛	工程師	7.2 人月 III-V 族半導體元 件製程開發人	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、工程師
			專長	半導體/元件物理、技術、製程

與原計畫規劃差異說明：

原計畫書中編列人員分屬研助員、技術員、其他者，今配合國科會格式統一編列為助理，另本所國防役中工程師及副工程師博士級以上編列為副研究員級，故人員編列上變動許多；然計畫執行中因部份人力離職、退休、升遷及工作調動等因素致使人力執行與實際規劃人力有 5.47 人年的差異，但在計畫同仁努力下，對計畫執行面影響不大。

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 績效指標	1	2	3	4	5	6	7	8	9	99
	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										
R 增加就業			✓							

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	<p>本計畫相關研究成果發表於國際著名期刊(SCI)共 11 篇，包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. J. Am. Chem. Soc. : 1 篇。(I.F.(2007):7.885) 2. Appl. Catal. B-Environ. : 1 篇。(I.F.(2007):4.651) 3. J. Power Source : 4 篇。(I.F.(2007):2.809) 4. Int. J. Appl. Ceram. Technol. : 1 篇。(I.F.(2007):1.366) <p>另已投稿審查中 9 篇。本計畫發表 2 篇國內期刊及 18 篇國內會議論文及 1 篇國外會議論文。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Journal of the American Chemical Society 期刊之 Impact Factor(2007) 為 7.885，該期刊在 SCI/JCR 之分類 (CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY) 排序為 7/127，足見所獲刊之研究成果具有其開創及啟發性。 2. Applied Catalysis B: Environmental 期刊之 Impact Factor(2007) 為 4.651，該期刊在 SCI/JCR 之分類 (ENGINEERING, ENVIRONMENTAL) 排序為 1/37，足見所獲刊之研究成果具有其開創及啟發性。 3. Journal of Power Source 期刊之 Impact Factor(2007) 為 2.809，該期刊在 SCI/JCR 之分類(ENERGY & FUELS)排序為 5/64，足見所獲刊之研究成果有其開創及獨特性。 <p>此外 AC/Pt 儲氫材料研發之相關研究成果已撰寫成論文“Mesopore channel enhanced hydro- gen storage on Pt-doped active carbon”投稿至 Angew. Chemie.期刊審查中。</p>	<p>本計畫相關研究重大突破包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 以水熱共沉法成功研製奈米級之 8YSZ 粉末，並成功以奈米技術製作 <10 μm 厚度之 SOFC-MEA 電解質層，品質已達國際水準。 2. 以電漿噴塗技術成功製得 OCV> 1 V 之電解質層，功率密度 >500 mW/cm²(800°C)。 3. 提出一可應用於變動負載情況下，無燃料濃度感測器之燃料電池燃料供應控制方法，提供給直接使用液態燃料之燃料電池系統使用。 4. 利用 SAXS 技術定量研究金屬有機骨架材料(MOF-5)之真實結構細節，及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。 5. 成功開發 AC/Pt 儲氫技術，其吸氫量在室溫及 6.9 MPa 壓力下，可高達 11.8 wt%，並建立高儲氫量之機制模型。
	B 研究團隊養成	4 個團隊	建立 SOFC-MEA 單元電池研製與性能測試實驗室、DMFC 奈米觸媒研製實驗室、儲氫測試實驗室及太陽電池電性測試實驗室。	
	C 博碩士培育	參與計畫執行之碩士研究生 12 人，博士研究生 1 人。	培育在電性測試、SOFC-MEA 製程、電漿噴塗、燃料電池專業人才，有助於未來計畫的推動，效益顯著。	
	D 研究報告	33 篇	包括 SOFC 16 篇、DMFC 10 篇、MOF 儲氫碳材 2 篇、III-V 族太陽電池 5 篇，相關成果可作為本計畫後續研發工作之參考。	

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
技術創新(科技整合創新)	G 專利	獲得 3 件中華民國專利、1 件美國專利及 1 件歐盟專利。 發明專利申請 23 案 45 件。 (中華民國 12 件, 美國 18 件, 歐盟 7 件, 日本 8 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。	相關專利完成申請可作為未來技轉之重要籌碼。
	H 技術報告	5 篇	建立 SOFC-MEA 單元電池電性測試之標準程序(SOP)、高壓熱重分析儀 HPTGA 操作手冊及無甲醇感測器直接甲醇燃料電池燃料供應控制方法之變動負載測試等技術報告。	SOFC-MEA 單元電池電性測試技術與能力達國際水準。
	I 技術活動	參與並發表論文於國內外研討會(4場次): 1. 2007 年中國材料科學年會 2. 2008 年中華民國陶業學會年會 3. 第二屆全國氫能與燃料電池學術研討會 4. 2008 台灣國際奈米展	參與及發表於國際研討會(2場次) 1. 2008 日本 Nano Tech 成果展 2. ACEC 2008 6th Asian Conference on Electrochemistry in Taipei	透過奈米展產品展出, 已受國內投資者與廠家重視, 興起投資技轉意願。
	J 技術移轉	2 件	1. SOFC-MEA 技轉議題已引起業界重視。目前與國內大學研究機構訂定智財保密協定, 提供材料元件試樣供研發與人才訓練使用。 2. 太陽電池與業界公司簽訂訂定簽約金收入 500 萬元, 權利金 1 億元。 3. DMFC 之「Methanol Sensor-less control 技術」移轉暨授權案 1 件予國內業界, 簽約金 300 萬元, 權利金 5,000 萬元。本年度權利金收入 150 萬元。	1. INER-SOFC-MEA 產品性能優越, 具重大技術突破, 將往小型量產與技轉方向推進。 2. 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	1. INER-SOFC-MEA 研發議題, 廣受國內大學重視, 投入經費人力執行研發。 2. 太陽電池與業界公司簽訂技術服務協定。	1. 與台科大簽定合作保密協定, 提供 INER 自製之 8YSZ 材料粉體(200 g) 供其研究教學使用; 經由委託合作案, 提供 8YSZ 電解質 Green Tape 供清華大學化工系作「金屬支撐兼具燃料催化與導流功能基板型之 SOFC-MEA 程序開發」。 2. 太陽電池與業界公司技術服務金 14.4 萬元。	1. 藉由技術服務, 將本所 SOFC-MEA 相關研發技術經驗交流學界, 可為我國建立 SOFC-MEA 產業奠立基石。 2. 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。

		績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
社會影響	展民生社會發	R 增加就業	人數 10 人	藉由本計畫之執行，以增加理工、機械、噴塗、光電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)(權重 40%)

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：

(一) SOFC 奈米級粉料及其效能研究

1. Yang-Chuang Chang, Maw-Chwain Lee, Wei-Xin Kao, and Tai-Nan Lin, "Preparation of Nanoscale/SOFC-Grade Yttria-stabilized Zirconia Material: A Quasi-Optimization of the Hydrothermal Coprecipitation Process", International Journal of Applied Ceramic Technology, 5(6), 557-567 (2008).

本研究主要內容是以水熱共沉法研製其奈米級與 SOFC 級之 8YSZ。已成功運用於 INER-SOFC-MEA 之小型量產程序中，成功以奈米技術運用於製作氣密層之 8YSZ (<10 μm) 薄膜電解質層。建立獨特與技術突破，其 SOFC-MEA 之品質已達國際水準，並完成程序最佳化。

2. Changsing Hwang, Chun-Huang Tsai, Chih-Hung Lo, and Cha-Hong Sun, "Plasma Sprayed Metal Supported YSZ/Ni-LSGM-LSCF ITSOFC with Nanostructured Anode", Journal of Power Sources, 180(1), 132-142 (2008).

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，再以中溫 LSGM 材料為電解質及 LSCF 材料為陰極製成電池，探討電池各部微結構及熱處理溫度對電池電性之影響，並以 AC 阻抗分析法定量分析電池特性，其結果具創新及獨特性。

3. Wei-Hsin Tien, Shuang-Shii Lian, Chia-Ying Li, Wei-Ja Shong, and Ruey-Yi Lee, "A New Method of Fabricating the Anode Powder for the Application of Solid Oxide Fuel Cells",

Advanced Materials Research, 51, 79-84 (2008).

本篇論文說明以 Cu-Cr 及 Cu-Ni 合金粉末製作之 SOFC 陽極層，有別於傳統 Ni-YSZ 製作之陽極層，能有較佳的導電度、抗氧化能力及減少積碳。此種陽極層乃藉由一種旋轉粉末研製設備及燒結程序製成之多孔性陽極底層，實驗顯示此陽極底層具有良好的導電性及孔隙度。

4. Lih-Kwang Chiang, Hui-Chung Liu, Yao-Hua Shiu, Chien-Hsiung Lee, and Ruey-Yi Lee, "Thermo-electrochemical and Thermal Stress Analysis for an Anode-supported SOFC Cell", Renewable Energy, 33(12), 2580-2588 (2008).

本研究係以平板式 SOFC 單元測試裝置為研究對象，利用有限元素分析軟體 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，結構與流體網格則分別由 PATRAN 與 GRIDGEN 軟體所建立。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。

5. Hsiao-Wei D. Chiang, Wen-Tang Hong, and Chien-Hsiung Lee, "Microturbine Performance Testing with Twin Rotating Disk Regenerators", International Journal of Turbo and Jet Engines, 24(3-4), 137-159 (2007).

本篇論文說明具雙轉子熱能回收器之微氣渦輪機之測試及分析，結果顯示在進行熱能回收時其效率為 28%，而無熱能回收時其效率則為 14%。本篇論文結果可供未來 SOFC 結合燃氣渦輪(Gas Turbine)進行二次發電之參考。

6. Chun-Hsiu Wang, Maw-Chwain Lee, Ta-Jen Huang, Yang-Chuang Chang, Wei-Xin Kao, and Tai-Nan Lin, "Novel Life Cycle, Mechanism, and Function of Nano-scale Catalyst in Anode of Solid Oxide Fuel Cell-Membrane Electrode Assembly (SOFC-MEA) Via Electrochemical Reaction", Submitted to Science for Publication

以實驗結果，配合反應機構基礎，驗證 SOFC-MEA 在電化學反應機制下，可於陽極滋生奈米結構之鎳催化劑，促進 Power Performance。並建構奈米催化劑之反應機制、生命循環及其特殊功能。本文以 Science/Nature 為首要發表選項。相關資料對 SOFC-MEA 之研發，有極大助益。

7. Tai-Nan Lin, Maw-Chwain Lee, Yang-Chuang Chang,

刪除:

Wei-Xin Kao, and Chun-Hsiu Wang, “Electrical and Microstructural Investigation of Sputtered Ytria-stabilized Zirconia Film on NiO-YSZ Substrates”, Submitted to Journal of Power Sources for Publication

鈺安定氧化鋯 (YSZ) 材料為目前固態氧化物燃料電池 (SOFC) 中研究得最多和最成熟的電解質材料，目前進入商業化的 SOFC 絕大部分都以它作為電解質。YSZ 幾乎沒有電子電導率，在高溫的氧化和還原條件下有很好的長期化學和物理穩定性、易於燒製成薄膜或其他不同形狀以滿足不同的電池設計要求、好的機械強度和相對較低的價格等不可多得的優越之處。YSZ 電解質的主要缺點是氧離子電導率偏低，以它為電解質的 SOFC 通常需要在較高溫度 (800~1,000°C) 下操作。在這樣高的溫度下操作會導致燃料電池其他元件材料性能的下降以及在電池燒製上的困難。欲降低操作溫度至 700~800°C，利用薄膜濺鍍技術製備電解質層並減少其厚度至數 μm 為一種解決方法。本文介紹物理氣相沉積薄膜方式之射頻磁控濺鍍法在陽極基板上成長 YSZ 電解質薄膜，基板溫度為 650 與 750°C，並以後續燒結至 1400°C 達到緻密化之半電池結構，氣體洩漏率小於 $6.36 \times 10^{-7} \text{ l/cm}^2/\text{psi/sec}$ 。後續以網印法製備鋇錳氧化物為陰極，再以 1,150°C 燒結得到全電池結構。電化學測試結果顯示，此單元電池的開路電壓可達 1.0 伏特以上，最大功率密度大於 300 mW/cm^2 以上。

8. Wei-Xin Kao, Maw-Chwain Lee, Chun-Hsiu Wang, Yang-Chuang Chang, and Tai-Nan Lin, “Influence of Precipitants on Characteristics of Gadolinia Doped Ceria Powder via Coprecipitation Process”, Submitted to Journal of the European Ceramic Society for Publication

本文針對共沉程序研製粉體材料，供發展 IT-SOFC-MEA 使用，對不同沉澱劑對產品 GDC 粉體特性之影響，作有系統性之研究，其中 Ammonium hydroxide 與 Oxalic Acid 沉澱劑對 GDC 粉體特性之優劣點，提出驗證與結果。

9. Chih-Hung Lo, Chun-Huang Tsai, and Changsing Hwang, “Plasma Sprayed YSZ/Ni-LSGM-LSCo Intermediate-Temperature Solid Oxide Fuel Cells”, accepted for publication in International Journal of Applied Ceramic Technology.

本篇已被接受發表，採用具奈米氣體通道之 YSZ/Ni 奈米結構陽極，中溫 LSGM 材料為電解質及 LSCo 材料為陰極製成電池，探討電池各部微結構對電池電性之影響，並以 AC 阻抗分析法定量分析電池特性，其結果具創新及獨特特性。

(二)DMFC 奈米觸媒及其效能研究

1. King-Tsai Jeng, Chun-Ching Chien, Ning-Yih Hsu, Wan-Min Huang, Shean-Du Chiou, and Su-Hsine Lin, "Fabrication and Impedance Studies of DMFC Anode Incorporated with CNT-supported High-metal-content Electrocatalyst", *Journal of Power Sources*, 164(1), 33-41 (2007).

本研究中，直接甲醇燃料電池(DMFC)之電極製作係利用多管壁奈米碳管承載之高金屬含量 Pt-Ru 觸媒為陽極觸媒。利用真空過濾方法將自製觸媒均勻分佈固定於防水碳布上，將之組成 DMFC。結果顯示高金屬含量觸媒比低金屬含量觸媒製作之電極，更適用於直接甲醇燃料電池。

2. Chun-Lung Chang, Charn-Ying Chen, Chai-Chi Sung, and Der-Hsing Liou, "Fuel Sensor-less Control of a Liquid Feed Fuel Cell under Dynamic Loading Conditions for Portable Power Sources (I)", *Journal of Power Sources*, 182(1), 133-140 (2008).

本文提供一種新穎的無濃度感測器燃料電池之燃料供應控制方法，提供給直接使用液態燃料之燃料電池系統使用，使其可應用於變動負載情況下。本方法係利用燃料電池於運作過程中，藉由量測燃料電池之特徵值，如電壓、電流、功率的變化趨勢，來控制液態燃料的供應。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，使其可適用於變動負載的情況，並且可在運轉中使電池趨向較高的功率輸出。藉由省略燃料濃度感測器的裝置，系統可以有較高的燃料效率，並且具較短的系統反應時間，可以降低發電系統之體積與重量，進而可使系統有較高的功率與能量密度，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，以及可以促進液態燃料電池之商品化。

3. Ning-Yih Hsu, Chun-Ching Chien, and King-Tsai Jeng, "Characterization and Enhancement of Carbon

Nanotube-supported PtRu Electrocatalyst for Direct Methanol Fuel Cell Applications”, *Applied Catalysis B: Environmental*, 84(1-2),196-203 (2008).

本研究提出一種電化學方法，藉由改變 PtRuCNT 觸媒價數來提升催化甲醇氧化反應的能力。XPS 分析結果顯示，當自製之 PtRuCNT 觸媒以電化學方法處理後，Ru(IV) 所佔比例大幅提升，確實可以增進催化甲醇氧化反應的能力，並可以省去活化時間。

4. Shih-To Fei, Richard M. Wood, David K. Lee, David A. Stone, Hwei-Liang Chang, and Harry R. Allcock, “Inorganic–Organic Hybrid Polymers with Pendent Sulfonated Cyclic Phosphazene Side Groups as Potential Proton Conductive Materials for Direct Methanol Fuel Cells”, *Journal of Membrane Science*, 320(1-2), 206-214 (2008).

本文描述磺酸化磷腈質子交換材料的製作方法，並量測其離子交換容量(ion exchange capacity (IEC))，含水膨潤性質(water swelling)，與相關的輻射改質效應。此磺酸化磷腈質子交換膜具有較高的質子導通率與較低的甲醇穿膜性質，適用於直接甲醇燃料電池之使用。典型的磺酸化磷腈質子交換膜具有 IEC = 0.329 mmol /g， water swelling = 50 wt%。最大質子導通率 = 1.13×10^{-4} S/ cm，甲醇穿膜係數 = 10^{-9} cm/s，皆優於市售 Nafion 質子交換膜。

5. Chun-Ching Chien, Ning-Yih Hsu, and King-Tsai Jeng, “Synthesis and Characterization of Non-platinum Oxygen Reduction Electrocatalyst with Methanol Tolerance Supported on Carbon Nanotube”, Submitted to *Journal of Power Sources for Publication*

直接甲醇燃料電池(DMFC)最新的研究發展是應用非白金系觸媒來催化氧氣的電化學還原反應。本研究運用創新的多元醇製程，以氯化鈦及亞硒酸為前驅物，成功合成出以奈米碳管為載體及鈦為基底的觸媒 (例如: RuSe/CNT)，可催化氧氣的電化學還原反應並具有高度耐甲醇的特性。未經還原處理前觸媒特性分析顯示鈦硒是以非晶型的狀態存在對催化氧氣的電化學還原反應效果較差。然而經過氫氣環境下適當的加熱處理後的鈦硒觸媒，其半電池測試及交流阻抗分析結果顯示，此非白金系觸媒對催化氧氣的電化學還原反應效果提高並具有高度耐甲醇的特性。可能是處理後的鈦硒觸媒具有較佳的結晶性，因此提高觸媒活性

與穩定性。應用處理後的鈳銻觸媒作為直接甲醇燃料電池陰極觸媒，進行單電池放電測試，於 80°C 下可達最大功率密度 53 mW/cm²。

6. King-Tsai Jeng, Wan-Min Huang, and Ning-Yih Hsu, "Application of Low-voltage Electrophoretic Deposition to Fabrication of Direct Methanol Fuel Cell Electrode Composite Catalyst Layer", Submitted to Materials Chemistry and Physics for Publication

一般 DMFC 燃料電池電極之製作方法，通常使用傳統之塗佈方式將觸媒層附著於電極基材上，導致觸媒層太厚且不均勻。本研究跳脫傳統方式，嘗試以電泳電鍍方法將觸媒層附著於電極基材上，因以低電壓方式行之，故可將含水之 Nafion/Catalyst 複合物均勻鍍於電極上。本新穎方法適用於奈米碳管之觸媒，唯尚有改善空間。

(三)儲氫材料及其吸氫特性研究

1. Cheng-Si Tsao, Ming-Sheng Yu, Tsui-Yun Chung, Hsiu-Chu Wu, Cheng-Yu Wang, Kuei-Sen Chang, and Hsin-Lung Chen, "Characterization of Pore Structure in Metal-Organic Framework by Small-angle X-ray Scattering", Journal of the American Chemical Society, 129(51), 15997-16004 (2007).

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）之網狀結構。同時結合臨場小角度及廣角散射研究其晶體結構與孔洞，隨加熱溫度變化同時演化。此結構與儲氫特性有極密切關聯性。

2. Cheng-Si Tsao, Ming-Sheng Yu, Cheng-Yu Wang, Pin-Yen Liao, Hsin-Lung Chen, U-Ser Jeng, Yi-Ren Tzeng, Tsui-Yun Chung and Hsiu-Chu Wu, "Nanostructure and Hydrogen Spillover of Bridged Metal-Organic Frameworks", accepted to J Am Chem Soc for Publication

本篇闡述 IRMOF-8 的合成，因合成條件的不同會有不同的結構及比表面積，皆會影響吸氫量，且吸氫量並不因比表面積增加而增加，其影響因素主要是孔洞結構及孔洞內之無機團分佈。

3. Ming-Sheng Yu, , Cheng-Si Tsao, Yi-Ren Tzeng ,Cheng-Yu

Wang, Hsiu-Chu Wu, Tsui-Yun Chung, Pin-Yen Liao, Chun-Ching Chien, Huan-Hsiung Tseng and Hsin-Lung Chen, "Mesopore Channel Enhanced Hydrogen Storage on Pt-doped Activated Carbon", Submitted to J. Phys. Chem. C for publication

本篇說明 Pt/AC 經一定處理程序後，以 X 光小角度散射 (SAXS) 分析，可半定量區別孔洞結構中之小孔 (micro-pore)、奈米孔道 (nano-pore channel) 及中孔孔道 (meso-pore channel) 比例不同的現象，而這些因素和 Pt/AC 吸氫量的大小有一定的關係。其中一種處理程序之 Pt/AC 材料，在室溫及 6.9 MPa 壓力下，最大吸氫量可達 11.8 wt%，此數據現階段為國際上所有開發之吸氫材料，首次在室溫條件下獲得之最高吸氫量，於國際間公開宣佈並被檢視此結果的意義。

4. Michael A. Miller, Cheng-Yu Wang, and Grant N. Merrill, "An Experimental and Theoretical Investigation of Hydrogen Storage via Spillover in IRMOF-8", Submitted J PHYS CHEM B for Publication

本篇為本所與美國西南研究院 SWRI 合作研發合成 Pt/glucose/IRMOF-8 試樣量測儲氫量的結果，並以理論說明氫氣溢出 (spillover) 的分析，而擬共同發表的文章；其乃針對 spillover 後處理之 IRMOF-8 以理論計算方式，計算 spillover Hydrogen 之吸附機制 (mechanism) 吸附位置與吸附能，並以實驗 (HPTGA、LSTPD) 確認儲氫量值。

(四) III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

1. Min-Der Yang, Yu-kai Liu, Ji-Lin Shen, and Chih-Hung Wu, "Improvement of Material Quality for Multijunction Solar Cells by Rapid Thermal Annealing", Japanese Journal of Applied Physics, 47(6), 4499-4501 (2008).

本篇研究磷化銦鎵/砷化銦鎵/鍺 (InGaP/InGaAs/Ge) 三界面太陽電池經過快速熱退火後的光激螢光及時間解析光激螢光光譜特性。經過快速熱退火後的磷化銦鎵 (InGaP) 作用層其材料特性在光激螢光光譜強度與衰減時間具有明顯的改善。當回火溫度為 300°C 時，10 K 低溫下的光激螢光光譜強度具有最大值，且比未經過快速熱退火的試件約增加 30 倍。我們認為在快速熱退火後，材料品質的提昇係由磷空缺的複合體被消除所導致。

二、技術創新(科技整合創新)(權重 40%)

(一) SOFC 奈米級粉料及其效能研究

本項研發之創新工作包含:1.研製奈米/次微米級 SOFC-MEA 相關粉體材料應用於 SOFC-MEA 研製,其中以奈米 8YSZ/LSGM 等電解質為主要目標,皆成功完成本項工作。2.薄膜技術建立及應用,已研製厚度小於 10 μm 之電解質氣密層,確保 SOFC-MEA 之 OCV >1.0 V (800°C)。本項技術含 Tape Casting/Screen Printing/Spin Coating/Plasma Spray 等程序。3.精密陶瓷燒結技術,已研製高機械強度之 SOFC-MEA。4.SOFC-MEA 電性特性測試技術。經多年努力,以上創新技術已建檔並完成國內外專利申請。其專利申請清單如下所述:

- 1.高性能固態氧化物燃料電池組合元件(單元電池)中全緻密電解質層之創新製作程序(美國、歐盟、日本)
- 2.高性能固態氧化物燃料電池膜電極組合元件(單元電池)中全緻密之濺鍍電解質層之創新製作程序(美國、歐盟、日本)
- 3.陽極創新處理程序以提升固態氧化燃料電池之膜電極組輸出電功率密度(美國、日本、歐盟)
- 4.具特定孔隙率與氣體透過率之固態氧化物燃料電池之電極層製備方法(美國、日本、歐盟)
- 5.一種奈米級電解質懸浮體配方與製程與其應用於製備具氣密/全緻密電解質層之高性能固態氧化物燃料電池之膜電極組合元件(SOFC-MEA)之程序(中華民國、美、歐)
- 6.燃料電池量測裝置(中華民國)
- 7.固態氧化物燃料電池及其製作方法(中華民國)

(二) DMFC 奈米觸媒及其效能研究

完成 DMFC 應用於電動腳踏車之系統整合測試,將系統全部組件整合置入展示盒內,進行系統元件裝配封裝,測試確認其硬體功能、流程控制及驗證,並赴台大參加「2008 台灣國際奈米展」,展示本所新一代 50 W DMFC 原型機(Prototype)。其專利申請清單如下所述:

- 1.細管型薄膜電極組合的製作方法(日本、美國、歐盟)
- 2.以低電壓電泳電鍍法製作使用奈米碳材承載觸媒之薄膜燃料電池電極(美國)

- 3.多層薄膜電極結構及其形成方法(美國)
- 4.薄膜電極組合之製作方法(日本)
- 5.奈米 Ru-Se 及 Ru-Se-W 觸媒之製備(中華民國、美國)
- 6.混合電力輸出管理方法及其系統(中華民國、美國)
- 7.燃料混合裝置及使用該裝置之燃料電池系統(中華民國、美國)
- 8.燃料電池之燃料供應方法(中華民國、美國)
- 9.燃料供應控制方法及使用該方法之燃料電池裝置(美國)

(三)儲氫材料及其吸氫特性研究

在研究過程中，包括材料的特殊新穎合成方法、保存方法、充氫方法、活化方法、提昇吸放氫速率的方法及儲氫匣設計與裝填方法等.....都是關係到一個全新運作系統，因此，需要有相當多的創意，方可對高儲氫材料應用於 PEMFC 系統，發揮其最佳的功能。目前在第一階段已有高儲氫材料的發現，以及儲氫匣運作系統的發明，因此目前其專利申請清單如下所述：

- 1.高比表面積之金屬有機骨架儲氫材料快速合成及保存方法(中華民國)
- 2.用於金屬有機骨架材料(Metal-Organic Frameworks, MOFs)之儲氫罐裝置(美國、日本)
- 3.高儲氫材料及其形成方法(中華民國、日本、歐盟)

(四)III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

開發金屬銀蒸鍍技術，完成太陽電池厚金屬電極的製作，取代傳統電鍍製作形成厚金屬金電極的方法，可以減少太陽電池元件製作的程序，並且大幅提昇太陽電池元件特性的均勻度與良率。另一方面，利用金屬銀優異的熱傳導性質與低電阻抗特性，使太陽電池元件適用於更高倍聚光強度的環境，達到進一步降低太陽電池生產成本的目的。其專利申請清單如下所述：

- 1.半導體電極結構(美國)
- 2.半導體裝置電極之製造方法(中華民國、美國)
- 3.晶圓固定結構(中華民國、美國)
- 4.半導體元件電極之製造方法(中華民國、美國)

三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 10 %)

(一)SOFC 奈米級粉料及其效能研究(圖 1-1~1-6)

藉由奈米科技以研製材料粉體配合薄膜與相關製造技術，執行燃料電池之發展，SOFC 新科技將帶動新能源轉化產業，而潛藏龐大之經濟效益，且此高科技產業之利潤相當可觀。尤其是以 SOFC 取代傳統發電技術，更是美國最主要之 SOFC 研發目標。

目前本所 SOFC 電池片製作已建立相關能力，同時在專利布局方面已具相當基礎，具能力洽找合作廠家，開始規劃技轉之事宜，共同開發與量產高效能中低溫平板型元件，執行我國政府節能減碳之政策，依據歐美評估未來之經濟效益具百億美元商機。

(二)DMFC 奈米觸媒及其效能研究(圖 2-1~2-6)

本所 DMFC 系統方面，目前可使用 100 wt%純甲醇，可提昇整體能量密度，於燃料控制技術方面已研發出無甲醇感測器控制技術，可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，簽約金 300 萬元，權利金上限 5,000 萬，目前已收到前 4 期應收款項(金額共 200 萬元)。

(三)儲氫材料及其吸氫特性研究(圖 3-1~3-3)

目前在實驗室階段進行小功率 PEMFC 應用系統的展示，後續將擴大量產規模、減少成本及朝向提昇吸放氫方向前進，屆時應可應用於較大功率的系統，如醫療輪椅，軍民緊急發電裝置、運輸工具等，展現其經濟效益。

(四) III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用(圖 4-1~4-4)

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 116 suns 時，能量轉換效率可達 35.8%，已達到具競爭力產品市場化的要求，此等技術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。另一方面，本計畫於 97 年度藉由上述太陽電池於元件製程與特性量測相關成果，完成與國內業界進行技術移轉計畫 1 件，共計簽約金 500 萬元，權利金上限 1 億元。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 5%)

(一) SOFC 奈米級粉料及其效能研究

由於能源與環境保護的雙重影響，燃料電池等新型態能源技術的開發與應用，已經受到歐、美、日等各國政府的重視與支持。從政經、能源、環保、社會、科技產業發展，及生活品質提昇等角度考量，此新能源科技確為值得國內產、官、學界長期投入發展的新興科技領域。燃料電池為高效率、潔淨、多元化能源使用，可應用於車輛動力、集中式與分散式發電、3C 資訊產品電源等商業產品。其多元化研發領域及應用產品，可提供產業轉型成為知識密集、永續環保的綠色科技產業，故在燃料電池方面，可增進半導體、光電、機械、化工及電子等產業之就業機會。當 SOFC 能源轉化器取代內燃機之功能時，全世界必發生另次工業革命。

(二) DMFC 奈米觸媒及其效能研究

藉由本計畫的執行及與業界的合作，除可順應世界能源發展研究趨勢，並可開發國內目前缺乏的燃料電池產製與系統整合技術，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，可藉由本計畫來培養國內學術界參與相關研發工作及燃料電池系統整合人才。

(三) 儲氫材料及其吸氫特性研究

藉由本計畫的推動與現階段之研發，顯示奈米多孔材料儲氫的能力及潛力，將有助於未來氫能經濟的推動。

(四) III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

藉由本計畫的執行與推動，國內已有多家業者陸續投資於 III-V 族聚光型太陽電池相關產品的生產，估計至少可增加上百個就業的機會，對於國人在新能源方面的應用與認知提供有正面的教育效果，未來將有助於國內太陽光電能源產業能力的建立。

五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 5%)

(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) 建立固態氧化物燃料電池 (SOFC-MEA) 相關所需材料粉體之生產技術設備及能力。
- (2) 建立 SOFC-MEA (ASC-Type) 製造技術及能力並完成小型量產驗證，其 MEA 之最大功率密度達 500 mW/cm^2 (800°C)，Durability 超過 500 hrs，具國際水準。
- (3) 建立電漿噴塗 MSC 固態氧化物燃料電池製作能力，電池片輸出功率大於 500 mW/cm^2 。
- (4) 建構相關技術專利，佈局本土技術基石，有利國內 SOFC-MEA 產業奠基。

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，以各式阻抑膜技術研製所對應之阻抑膜/MEA。
- (2) 催化電極之開發與效率精進研究能力部分，已研發出以 CNT 為載體之高效能白金系與非白金系觸媒如 Pt/CNT、PtRu/CNT、PtRuIr/CNT 及 RuSe/CNT。
- (3) 燃料電池系統整合部分，研發完成 50 W 可攜式 DMFC 電源供應系統，供電動腳踏車使用。系統使用無甲醇感測器控制技術，使用 100 wt% 純甲醇，可大幅提升系統效能與可靠度及降低系統重量、體積與價位。

3. 儲氫材料及其吸氫特性研究

因所開發的室溫高吸氫 Pt/AC 材料，其吸氫值相當的高，目前對於孔洞結構的特性和吸氫值的定量關係，並不清楚，至於吸氫機制與吸氫量之理論評估，更付闕如，這些議題都是學術界限所值得深入探討的研究題目。

4. III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

- (1) 利用物理式的蒸鍍方法進行厚金屬銀電極的製作，可達到簡化聚光型三接面太陽電池之製作程序，增加太陽電池的量產能力。
- (2) 完成具有金屬銀(Ag)的電極結構於 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 $4.2 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}^2$ 。

- (3) 完成具有金屬銀(Ag)的電極結構於 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 $1.8 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}^2$ 。
- (4) 完成之 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池在聚光強度為 116 suns 時，其開路電壓為 2.89 V，短路電流為 516 mA，填充因子為 0.85，最大輸出功率約為 1.26 W，能量轉換效率可達 35.8%。

(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

- (1) 建立 SOFC-MEA 相關奈米級/次微米級材料粉體研製設備程序及能力，可供我國發展與生產 SOFC-MEA 使用，具材料多元與價格便宜之優勢，有效朝低成本之 SOFC-MEA 產品趨向邁進，產品具超強競爭力。
- (2) 完成 SOFC-MEA(ASC/MS- Type)單元電池之製造，成功建立 SOFC-MEA 小型量產之能量及驗證，其最大 Power Density > 500 mW/cm² (at 800°C)，Durability > 500 hrs。
- (3) 生產約 50 pcs INER-SOFC-MEA(ASC-Type, 10×10 cm²)，國際價格達 NT\$ 100 萬以上。提供 INER 自用以研製 1 kW 之 SOFC-Stack。

2. DMFC 奈米觸媒及其效能研究

DMFC 系統已初步成功研發應用於電動腳踏車之可攜式 50 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 15-cell 之疊堆電池組，最大輸出功率達 83 W @ 70°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，並精進無甲醇感測器控制技術，以增加系統運轉效能與可靠度，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 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

研發初期之 CNT，由於其吸氫量較原預期之能力低甚多，加之吸氫量高低難以掌握，再現性低，因此整個工作停頓沒有突破。隨後召開國際會議，即將研發方向轉至 MOF 材料上，在合成上不僅可控制合成的型態，亦將 MOF 和 Pt/AC 架橋試樣的吸氫量，在室溫條件時即提昇至 4.7 wt%；與當時的國際間室溫最大吸氫值相當，更重要的是了解到吸氫量和不同結構的關係，尤其藉由氫氣外溢(spillover)的吸氫情況下，其吸氫量未必全然和比表面積有關，反而和小孔洞與奈米孔道的成份有關，因此，有了 Pt/AC 的出現，更把在室溫條件時的吸氫量，跨大步提昇到 11.8 wt%。藉由吸氫量和孔洞結構的關係，瞭解如何提昇室溫吸氫量的主要因素，並學習如何控制它，相信對於未來採用低成本的多孔材料，亦能提昇至其能夠發揮最大吸氫能力之展示。

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 三界面太陽電池在聚光強度為 116 suns 時，能量轉換效率可達 35.8%，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銀(Ag)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

本計畫所開發的相關技術如 SOFC 電池堆、III-V 族太陽電池可與新能源計畫相配合，將完成之聚光型太陽電池元件製程技術使用於聚光型太陽光電發電系統的建置並發展國內 SOFC 之潔能技術及產品，建立國內 SOFC 產業；並透過技術推廣管道將技術移轉落實於國內業界，創造更大利用價值。

柒、後續工作構想之重點

一、SOFC 奈米級粉料及其效能研究

本計畫於 97 年度建立自製 PEN 膜數值分析模型，經初步測試，已證實可實際運用於所內自製 ASC 及 MSC cell 電性分析運算，未來將實際針對不同製程所得之相關 ASC、MSC 物理性質，計算該電池電性及熱應力之分佈，並希望藉由數值分析結果提供較佳之參數回饋實驗小組，加速 MEA 自製，並完成下列工作：

- (一)配合 SOFC 電池堆及新能源之開發與應用計畫，發展國內 SOFC 之潔能技術及產品，建國立內 SOFC 產業。
- (二)結合奈米材料與科技，開發高效能中低溫固態氧化物電池片。
- (三)配合本所電池堆之開發與應用計畫，供應 SOFC-MEA。
- (四)進行 SOFC-MEA 技術轉移。

二、DMFC 奈米觸媒及其效能研究

本分項計畫於 97 年結束後，Stack 組裝與 DMFC 系統整合人力將繼續參與新能源計畫，除針對 MEA 老化進行評估與防治外，亦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與電能管理系統技術，並實際展示 DMFC 應用於電動代步上，以廣泛開發 DMFC 各種應用面及精進系統整合能力，將有助於其潛在商機之發現。

三、儲氫材料及其吸氫特性研究

雖然在 10 g 少量 Pt/AC 試樣的合成上，已能將吸氫重量密度提昇至 11.8 wt%。但其吸氫需費時 120 小時，顯示吸氫速率尚有改善空間。至於單位重量及每單位時間之氫氣釋放量，雖與金屬氫化物相當，然因密度較低，apparent density 約為 0.4 g/cm^3 ，而金屬氫化物約在 $4\sim 8 \text{ g/cm}^3$ 之間，在同體積內可填充之 Pt/AC 較之金屬氫化物來得少，因此氫氣容積密度將較難滿足需求，故如何提昇容積密度尚待克服。而成本的降低及量化生產品質的控制，亦有許多尚待克服之處。上述等問題皆屬第二階段後續研發的重點。

四、III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

- (一)改善太陽電池元件正面電極結構與電極製作技術，降低太陽電池串聯阻抗，以符合未來更高倍聚光強度環境使用的需求。
- (二)改善太陽電池抗反射膜的製作技術，提昇太陽電池抗反射膜特性的穩定性與均勻性，提昇太陽電池的能量轉換效率。
- (三)建立太陽電池磊晶技術與元件結構設計能力，藉以開發更高效率之太陽電池。

捌、檢討與展望

一、 SOFC 奈米級粉料及其效能研究

- (一)發展 IT-SOFC-MEA(2.5 代與 3.0 代)單元電池，超越現狀之第 2 代 ASC- SOFC-MEA，使操作溫度降至 600~700°C， P_{max} 達 300~500 mW/cm²，同時將 MSC-Type SOFC-MEA 穩定優質化，滿足量產與商業需求。
- (二)推動技術轉移 2.0 代之 SOFC-MEA，奠立國內 SOFC 產業之基石，爭取早期 SOFC 產業商機。

二、 DMFC 奈米觸媒及其效能研究

DMFC 研發計畫製程研發方面，將持續精進 DMFC 堆疊製程技術。系統整合部分，以精進無甲醇控制技術為主，除可降低元件費用外，並能加速 DMFC Power Pack 系統達成量產商業化目標。目前燃料電池產業鏈已形成且達商業化之臨界點，商品化的決勝關鍵在於產品的 Cost、Size、Durability 及 Reliability 等因素，其有賴於 Stack、BOP 和系統結構之改良與降低成本，並積極從事 MEA、Stack 及系統之可靠度測試，以取得燃料電池商品之先機。

三、儲氫材料及其吸氫特性研究

雖然吸氫材料的研發，已逐步提昇其吸氫能力，但燃料電池的應用推動，仍停留在展示階段，距離被消費者接受的程度，尚有相當的距離，因此已有率先投入開發此應用領域的廠商，不堪市場規模還未逐步增加，而有相當的財務壓力，尤其在此金融海嘯的浪潮中，更有難以支撐的困境，因此計畫未來擬推動的技轉，尚須更加努力。

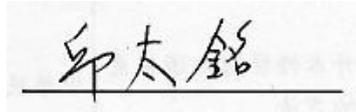
四、 III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用

我國具有充足的 III-V 族化合物半導體產業基礎，目前 III-V 族高效率太陽電池已是日本、美國及德國等工業先進國家太陽能產業技術的重點發展項目之一。我國在 III-V 族高效率太陽電池的起步落後國外至少 10 年以上，為迎頭趕上國際發展的水準，需要政府部門更積極的支持與投入更多資源。本計畫在本年度已開發完成能量轉換效率可達 35.8% (116 suns) 的聚光型 III-V 族太陽電池，建立可媲美國際水準的元件製程相關技術，未來將進一步朝發展化合物半導體在太陽電池應用的磊晶技術努力，適時投入高效率 III-V 族太陽電池的開發，充分掌握太陽光發電系統的關鍵元件，將有助於國內建立新興的太陽光電能研製技術發展。

填表人：李瀛生 聯絡電話：03-4711400 轉 3480、2901 傳真電話：03-4711409

E-mail：yslee@iner.gov.tw

*計畫主管機關審閱後 簽名：

Handwritten signature of 邱太銘 (Qiu Tai Ming) in black ink on a light background.

附錄：

佐證資料清單-1

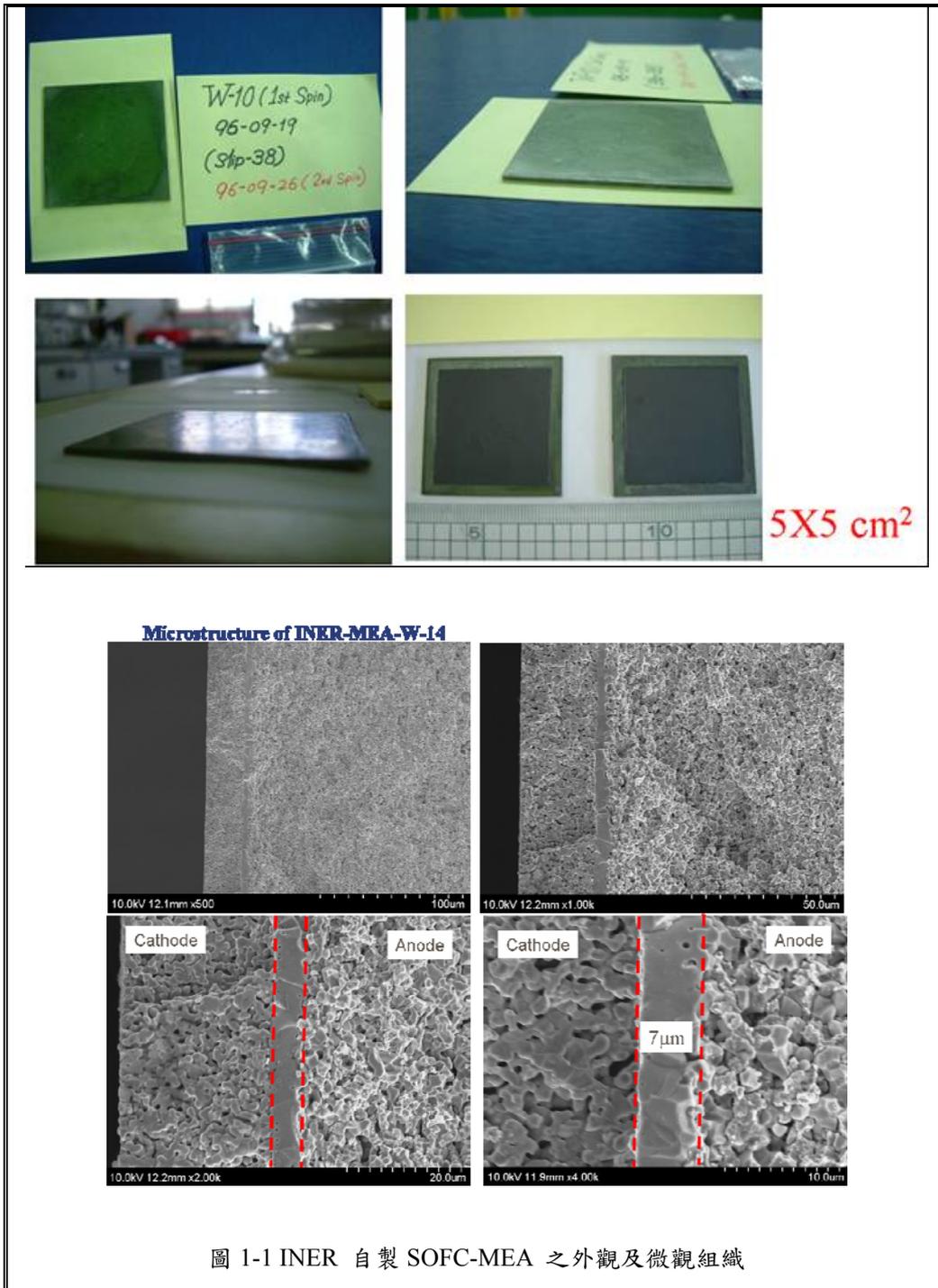
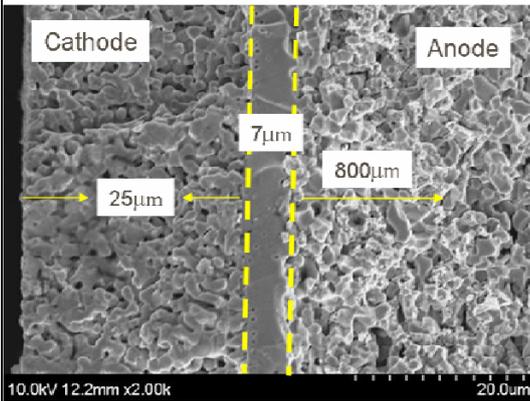


圖 1-1 INER 自製 SOFC-MEA 之外觀及微觀組織

佐證資料清單-2

INER Ceramic anode supported cell (ASC)

Anode support	Porous NiO/YSZ	700-1200 μm
Anode	Porous NiO/YSZ	5-10 μm
Electrolyte	Dense 8YSZ	5-10 μm
Cathode	Porous 8YSZ/LSM	25-50 μm



Electrochemical performance

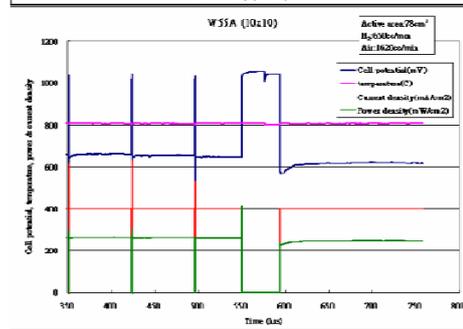
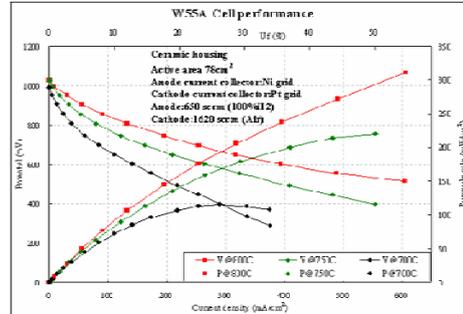
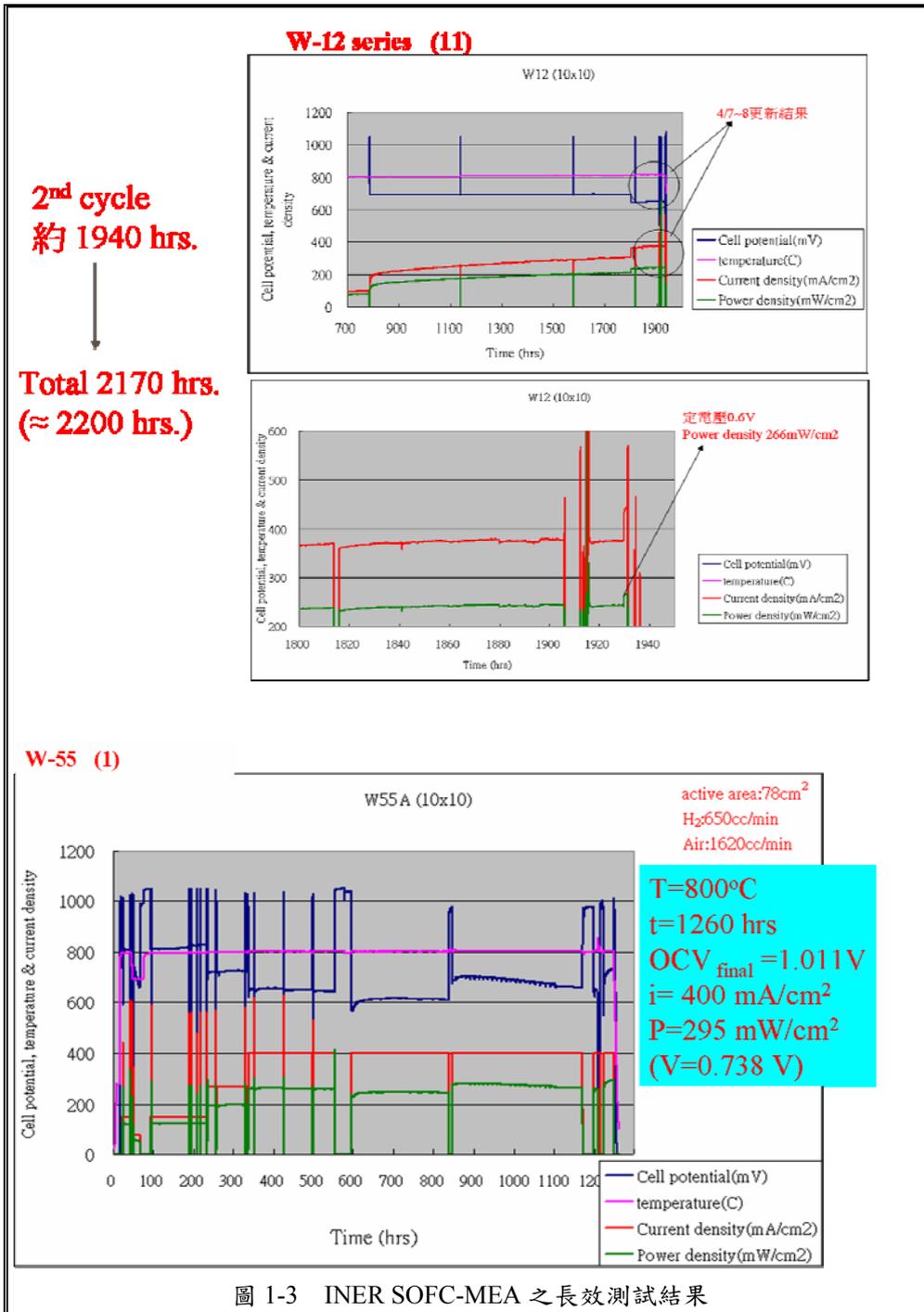


圖 1-2 INER 自製 SOFC-MEA 之電功率表現

佐證資料清單-3



佐證資料清單-4

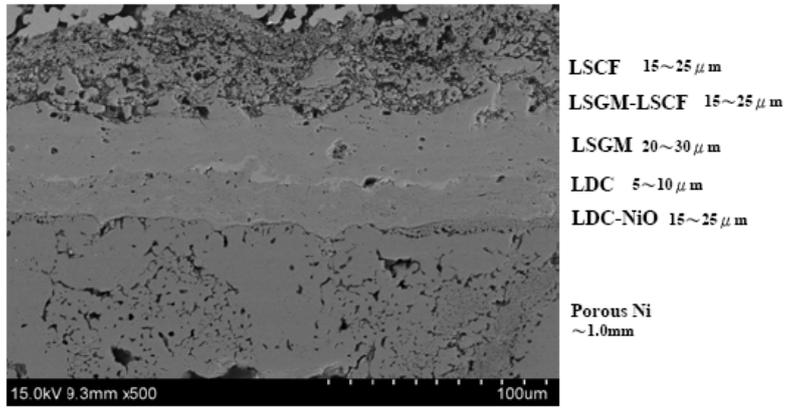


圖 1-4 電漿噴塗 MSC LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGM/LSCF-LSCF 電池剖面圖

佐證資料清單-5

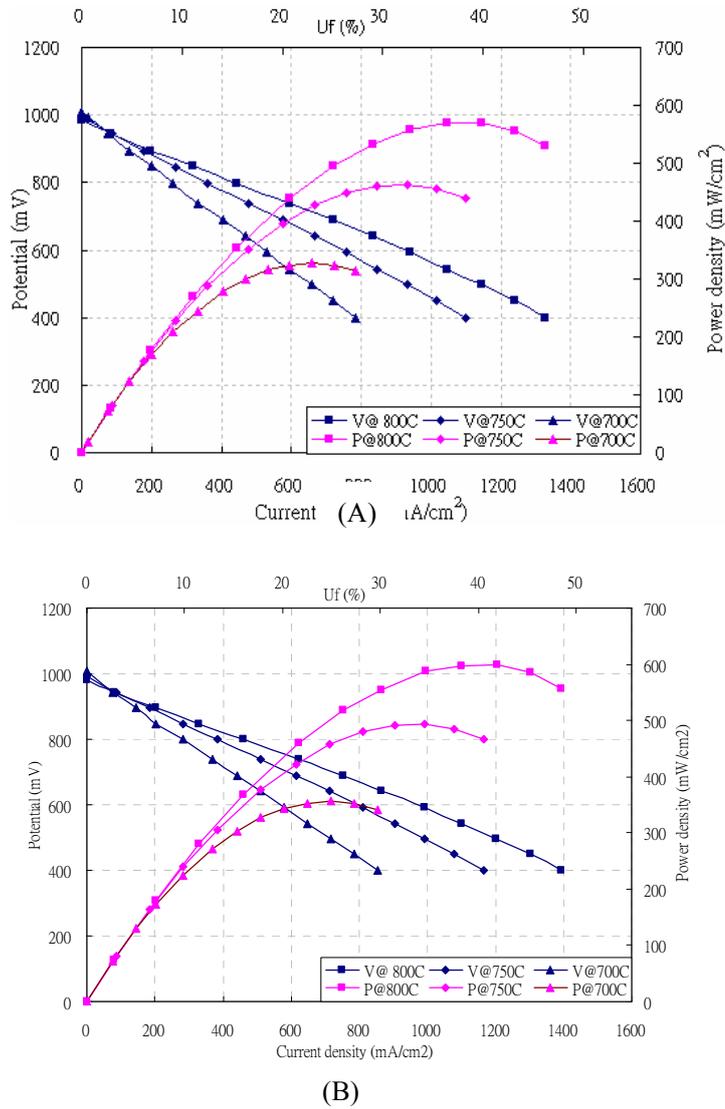
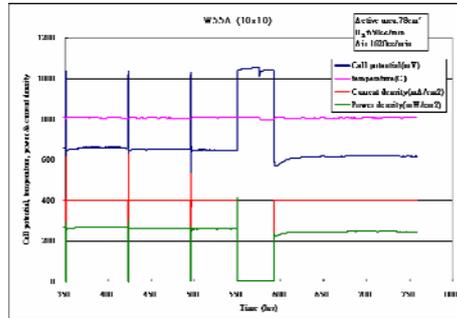
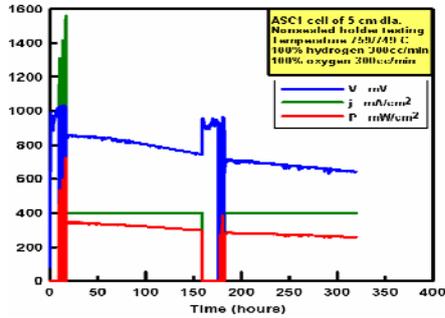


圖 1-5 電漿噴塗 MSC LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGM/LSCF-LSCF 電池測試結果
(A)(B)分別為 10×10 cm² 電池上半部及下半部之電性測試結果，兩者非常近似，表示電池均勻性尚可

佐證資料清單-6

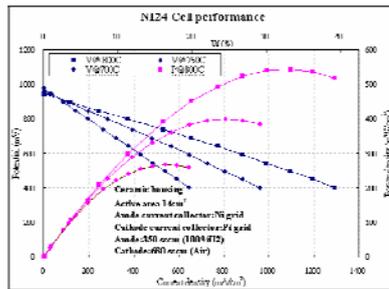
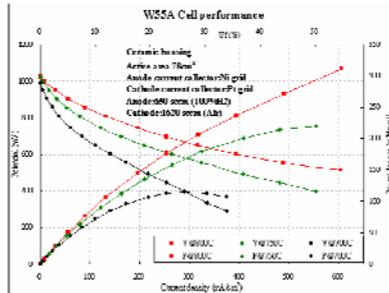
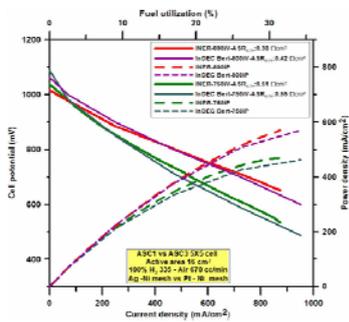
■ Long-term cell testing



All ceramic test facility was used to prevent fast degradation due to Cr poisoning effect



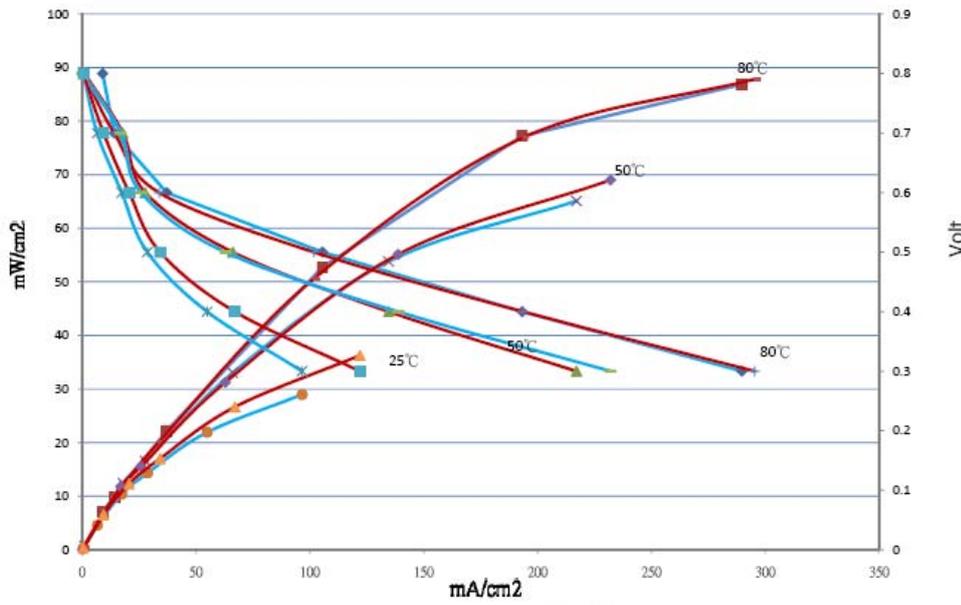
• i-V curves measurement improvement



Improving the testing technology and system to accurately characterize the electrochemical performance of SOFC single cells

圖 1-6 本所以自行組裝之測試設備進行 SOFC-MEA 之電性及長效測試

佐證資料清單-7



A comparison of the power performance for Nafion/MEA () and Meth_Block/MEA (MB coeff=1.6) () at 12% methanol and O₂ of specified temperature

圖 2-1 自製 Nafion/MEA 及 Meth_Block/MEA 之功率密度比較(12%MeOH 及 O₂)

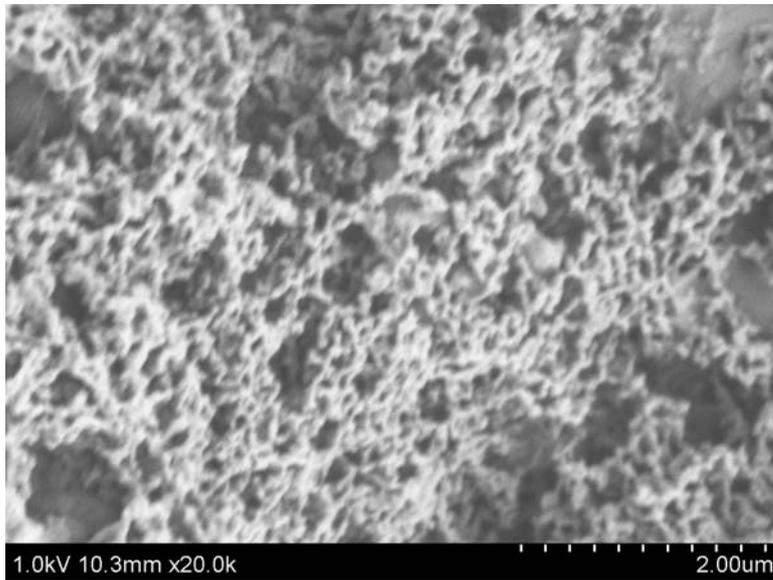


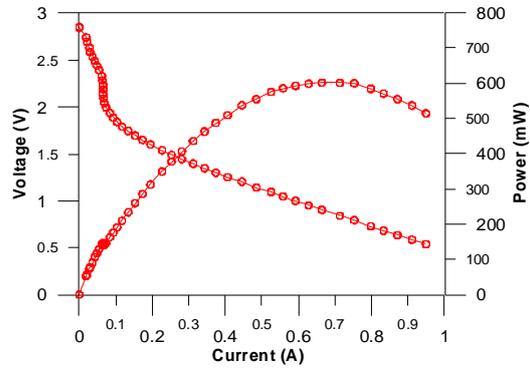
圖 2-2 孔洞性導電高分子聚吡咯離型試樣之 SEM 照相

佐證資料清單-8

A mobile phone powered by an air-breathing DMFC cell pack



Small DMFC cell pack with MEA using home-made catalyst Pt/CNT and Pt-Ru-Ir/CNT



DMFC Performance
600 mW (25°C, 2M)

圖 2-3 自製觸媒應用在 3C 產品

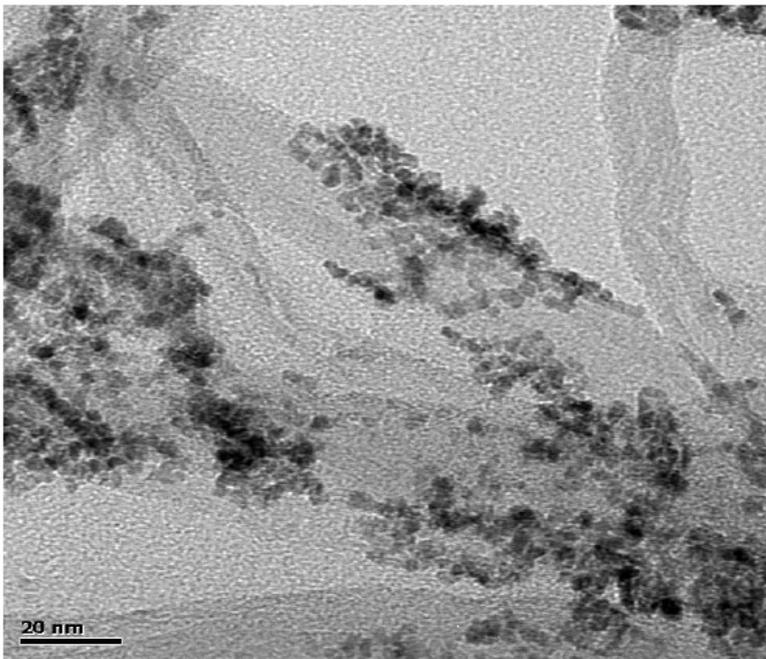


圖 2-4 自製 DMFC 奈米觸媒之 TEM 分析圖

佐證資料清單-9



2008

- Power : ~ 50W
- Output Voltage : ~ 25 V
- Weight : ~ 3 kg
- Size : 101x147x295 mm³(~4.4L)
- Fuel : 100wt%MeOH, 500c.c.
- Operation Temp. : 60-70oC
- Continuous Operation : 8-10 hr

圖 2-5 自製 50W DMFC 系統應用於電動腳踏車(E-Bike)上

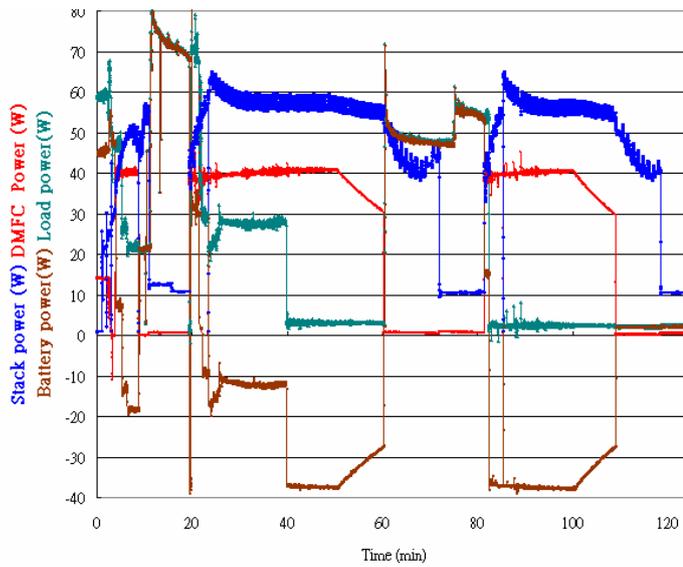


圖 2-6 50 W DMFC 應用於電動腳踏車(E-Bike)之測試結果

佐證資料清單-10

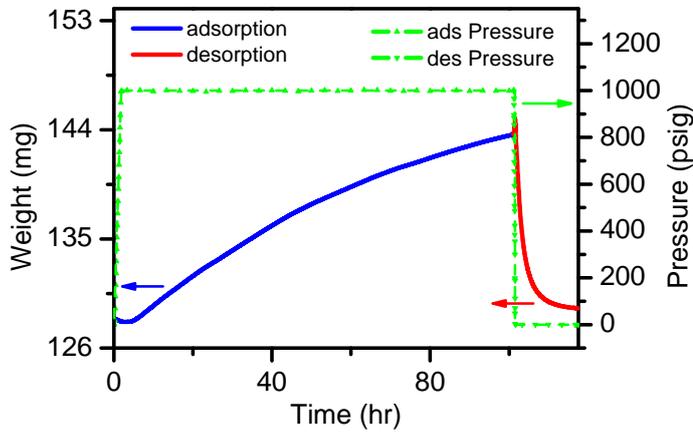


圖 3-1 TGA 量測試樣之吸放氫重量變化，顯示在室溫下當壓力增加則會持續吸氫直到飽和，而壓力下降則釋放氫氣

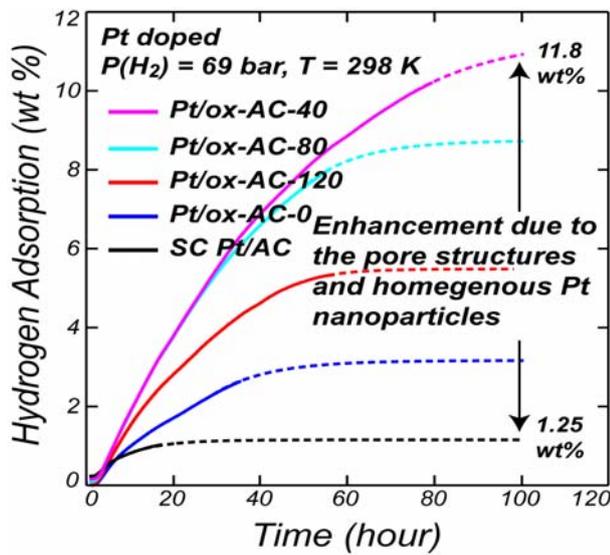


圖 3-2 經過不同條件處理之試樣，有著不同之孔洞結構，亦影響其吸氫量。目前在室溫及壓力 6.9 MPa 時可達飽和吸氫量 11.8 wt%

佐證資料清單-11

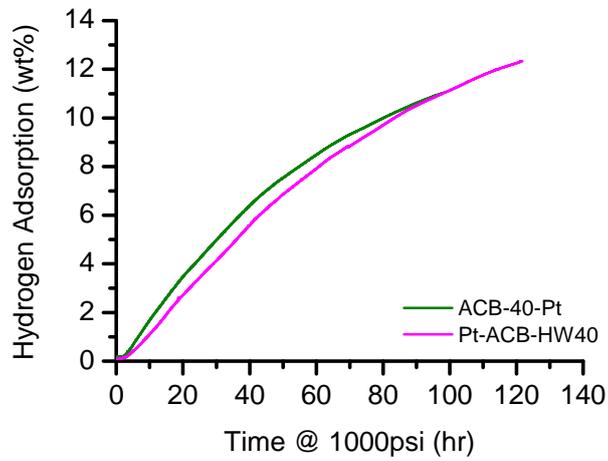


圖 3-3 以每爐次 10 g 配製的 Pt/AC，其吸氫量亦如 1 g 配製的試樣，在室溫及壓力 6.9 MPa 時可達飽和吸氫量 11.8 wt%

佐證資料清單-12

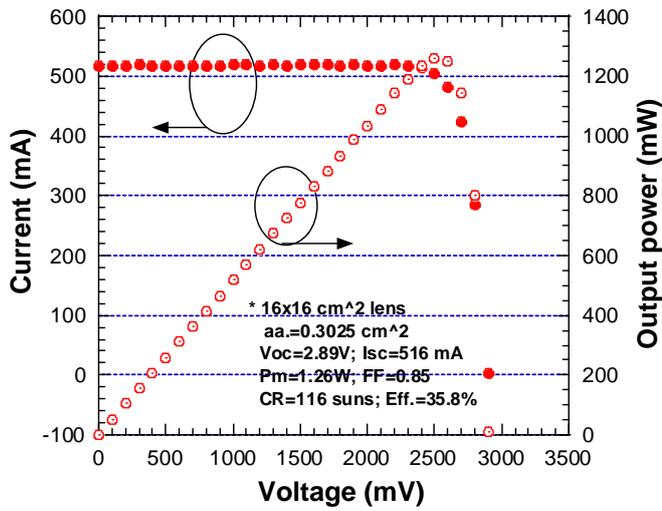


圖 4-1 太陽電池在 116 個太陽照光條件下，最佳電流-電壓(I-V)與輸出功率-電壓(P-V)的特性圖

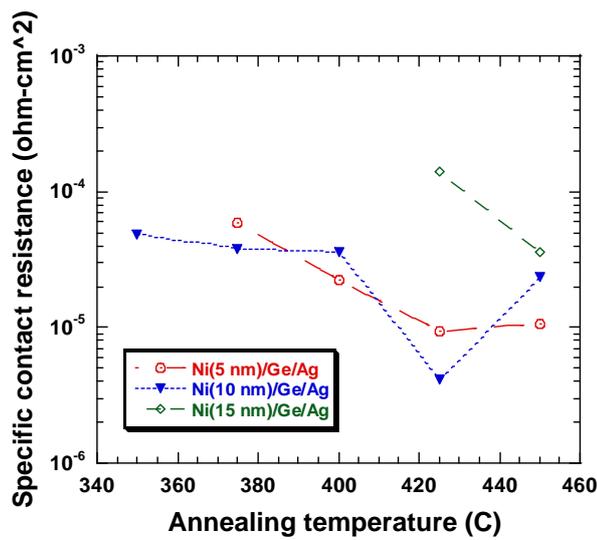


圖 4-2 回火溫度對具有不同金屬鍍厚度的電極結構 Ni/Ge/Ag 於 n-type GaAs 材料上所形成歐姆接觸電極之特性接觸阻抗的影響關係圖，其中最佳的電極特性阻抗值 $4.2 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}^2$

佐證資料清單-13

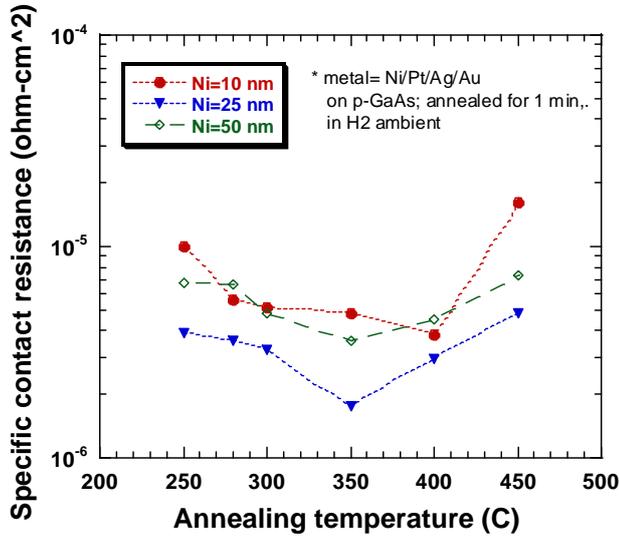


圖 4-3 回火溫度的變化對 Ni/Pt/Ag/Au 電極結構於 p-type GaAs 材料上所形成的歐姆接觸電極阻抗值影響之關係圖，其中最佳的電極特性阻抗值 $1.8 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}^2$

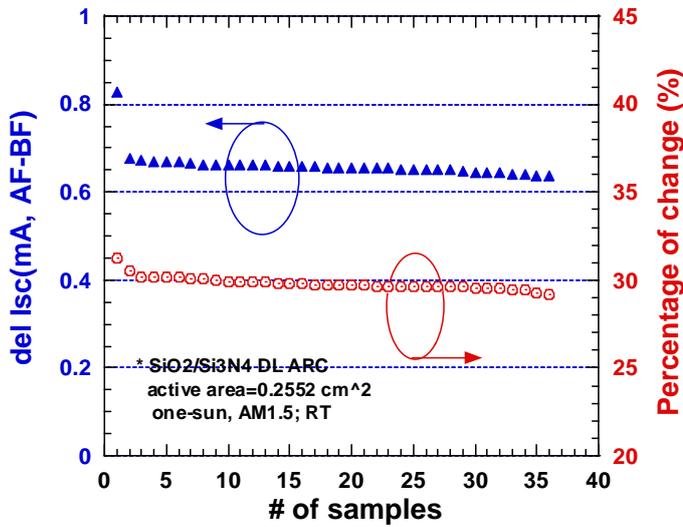


圖 4-4 雙層結構抗反射膜 SiO₂/Si₃N₄ 應用於三接面太陽電池之後，太陽電池的 One-sun 短路電流 I_{sc} 增加數值與比例之分佈情形

核能研究所 97 年度科技計畫期中成果效益報告審查委員意見及回復表

計畫名稱：核能技術在奈米科技之發展與應用	
審查單位：核能研究所	
審 查 委 員 意 見	回 復 說 明
1. 附件三執行報告之 6.年度預算執行：資本門與經常門之數值與成果效益報告不同，應統一。	謝謝委員指正，已修正之。
2. 於件三中；7.年度計畫目標執行情況中有關 DMFC 研發之工作，在甲醇阻抑膜及膜極整合技術方面，以提昇甲醇燃料之適用濃度達 12 wt%規格為目標，而於成果效益報告中敘述 DMFC 系統已可使用 100 wt%之純甲醇；請說明其技術之重點，而於衍生效益欄位中不宜以”尚無”表達之。	<p>在甲醇阻抑膜及膜極整合技術方面，原計畫希望能提昇甲醇燃料之適用濃度達 12 wt%規格為目標，但經嘗試以輻射交聯聚合方法與 IPN 製膜方法所得之改質膜，製作成 MEA，於實驗室以 12%甲醇燃料、80°C、O₂，測試所得之功率為 88 mW/cm²，與市售參考膜 Nafion 於實驗室以 6%甲醇燃料、80°C、O₂，測試所得之功率相當。今再嘗試以微孔 MEA 定址披覆法(smart barrier method)研製之 MEA，雖已具~280 nm 微孔，但尚未達 MEA 功率效果，因此整體技術仍尚未達到可產業應用之衍生效益。</p> <p>DMFC 系統已可使用 100 wt%之純甲醇 wt%，並不代表 MEA 使用 100 wt%之純甲醇 wt%，乃指系統可使用 Methanol Sensorless Control 技術將純甲醇先行注入 mixing tank 控制其適當濃度，再進入 Stack 中 MEA 進行化學反應。</p>
3. 有關發展 40-60 W DMFC Power Pack，供電動代步車使用；衍生效益為將 DMFC MEA 功率密度由 80 mW/cm ² 提昇 100 mW/cm ² ，Stack 功率密度由 160Wl ⁻¹ 提昇 204 Wl ⁻¹ ，應為提昇至 100 mW/cm ² ；及提昇至 204 Wl ⁻¹ 。	謝謝委員之建議，已修正文字敘述。

<p>4. 於開發低串聯電阻之電極圖樣及電極製作技術方面：目前已完成厚度為 3um 的銀電極製作技術，該製程仍然持續進行，目標為達到 5um 電極厚度，可降低聚光型太陽電池的元件阻抗，提昇太陽電池效率；是否電極越薄其電阻阻抗越小。</p> <p>5. 第 12 查核之執行成果產出為 MOF 或 activated carbon 之結果？建議以最好的成果呈現之。</p>	<p>聚光型太陽電池由於需使用於可產出大電流的聚光條件下，因此太陽電池電極的阻抗必須愈低愈佳。而電極厚度的要求也要朝增加的方向考量，以提供較大的橫截面供電流通，並且降低阻抗。</p> <p>目前主要突破之成果為在活性碳 (AC) 中植入之 Pt 試樣，亦即將活性碳經酸洗後植入 Pt 觸媒，其吸氫量在室溫及 6.9 MPa 壓力下，可高達 5.7 wt% 至 8.6 wt%，視處理時間而定。</p>
---	--

核能研究所 97 年度科技計畫期中成果效益報告審查委員意見及回復表

計畫名稱：核能技術在奈米科技之發展與應用	
審查單位：核能研究所	
審 查 委 員 意 見	回 復 說 明
1. P.2 計畫主要內容，請明確說明為本年度之研發目標。	謝謝委員建議，已加入本年度之研發目標之說明。
2. P.10，表一績效指標要有量化之數字說明達成之狀況。	謝謝委員建議，此表乃依國科會管考作業之規定以勾選方式提列，至於實際之達成狀況於表二中說明。
3. P.13，學術成就之期刊論文摘要，請重新編排，分別歸納至各分項之學術成就。	謝謝委員建議，已修正。
4. P.15，技術創新之專利，請各分項計畫附上專利摘要及註記申請專利之國家。	謝謝委員建議，已加入各分項之專利名稱及註記專利申請之國家。
5. P.16，經濟效益章節，請各分項補充研發之成本目標，使其具有市場競爭力。	已補充說明於報告內容中。

核能研究所 97 年度科技計畫期末成果效益報告審查委員意見及回復表

計畫名稱：核能技術在奈米科技之發展與應用	
審查單位：核能研究所	
審 查 委 員 意 見	回 復 說 明
1. P.10，表二之 A 論文欄，請將 2007 年發表之期刊論文移除，請依 2008 年發表之期刊論文及已投稿之論文，修正論文量化值及效益說明。	謝謝委員建議，但本績效統計仍配合本所綜計組之規定辦理，故有含 2007 年 11 月及 12 月之 KPI 值，若拿掉將造成數值不一致之狀況。
2. P.11，表二之 J 技術移轉欄，有關 DMFC 技轉案，簽約金 300 萬元，權利金 5,000 萬元，請按本年度(97)實際收入修正之。	謝謝委員建議，已增列本年度權利金收入 150 萬元。
3. P.12~19，學術成就，是以本年度達成學術期刊之成果來彰顯，請將 P.13 頁之 2007 年論文、P.15 頁之 2006 及 2007 年論文、及 P.17 頁之 2007 年論文予以移除。	謝謝委員建議，已抽換 2006 年資料，但本績效統計仍配合本所綜計組之規定辦理，故有含 2007 年 11 月及 12 月之 KPI 值，若拿掉將造成數值不一致之狀況。
4. P.21，計畫已獲得之主要成就與成果，敘述研究達成之技術成果(或技術指標)，要註明佐證資料相對應之附圖號碼，以便於審閱。	謝謝委員建議，已增列圖說於 page21 頁。