

(自行列管)

行政院原子能委員會 99 年度
政府科技計畫(期末)成果效益報告
(99.1.1 ~ 99.12.31)

計畫名稱：高溫氫能發電系統與儲氫材料技術發展

執行期間：

全 程：自 99 年 01 月 01 日至 102 年 12 月 31 日 止

本年度：自 99 年 01 月 01 日至 99 年 12 月 31 日 止

主辦單位：核能研究所

目 錄

壹、科技施政重點架構圖.....	1
貳、基本資料.....	2
參、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	2
一、計畫目的與預期成效.....	2
二、計畫架構(含樹狀圖).....	3
三、計畫主要內容.....	3
肆、計畫經費與人力執行情形.....	4
一、計畫經費執行情形：.....	4
(一)計畫結構與經費.....	4
(二)經資門經費表.....	4
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
伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含量化成果 output).....	8
一、本計畫重要成果及重大突破.....	16
二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破.....	19
陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome).....	20
一、學術成就(科技基礎研究)(權重 30%).....	20
二、技術創新(科技整合創新)(權重 30%).....	28
三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 20%).....	33
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 10%).....	33
五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 10%).....	33
柒、本計畫可能產生專利或可移轉之潛力技術說明.....	34
捌、與相關計畫之配合.....	34
玖、後續工作構想之重點.....	35
壹拾、檢討與展望.....	36
附錄一、佐證資料表.....	37
附錄二、佐證圖表.....	53
附錄三、99 年度期末審查意見回覆.....	57

第二部分：政府科技計畫成果效益報告

壹、科技施政重點架構圖

策略績效目標——績效衡量指標——執行措施（綱要計畫）

促進科技與社會、環境互動發展，
增進民生福祉與環境品質

固態氧化物燃料電池
發電系統技術發展

1. 15x15 cm² 電池堆
2. 模組化電池堆
3. 2 kW 箱型發電系統長程運轉驗證
4. 重組器觸媒測試
5. 國外期刊 4 篇、國內期刊 3 篇、會議論文 5 篇、研究報告 18 篇、國外專利 7 件、國內專利 6 件、技術報告 12 篇

- (1) 精進 2 kW 電池堆組裝測試技術。
(2) SOFC 2 kW 箱型發電系統先期產品長程運轉驗證，產品規格：400mW/cm² @750°C，衰減率 <1%/kh。
(3) 燃料重組器開發與重組觸媒研製。

固態氧化物燃料電池
元件材料技術發展

1. ASC-Type MEA 最大功率達 400~600 mW/cm² (800 °C)，Durability=1,000 hrs，Degradation Rate <2%/1,000 hrs，Dimensions：10x10~15 x15 cm²
2. 衰減率 <6%/kh，功率密度 300~500 mW/cm² (750°C)
3. 以各種 MEA 做模擬計算，並將結果與實際測試 Data 比對其吻合度
4. 國外期刊 5 篇、國內外會議 6 篇、研究報告 10 篇、國外專利 8 件、國內專利 4 件、技術報告 2 篇

- (1) 製作 SOFC-MEA (ASC-Type)，尺寸為 10x10 ~ 15x15 cm²，衰減率 <2% /kh，功率密度 400~600 mW/cm² (800°C)。
(2) 研製 SOFC-MEA (MSC-Type)，尺寸為 10x10 ~ 15x15 cm²，衰減率 <6% /kh，功率密度 300~500mW/cm² (750°C)。
(3) 規劃以甲烷(CH₄)為燃料之測試方法。
(4) 針對所內自製之不同型態之電池元件進行電熱流及熱應力數值模擬分析。

儲氫材料與技術之發展與應用

1. 每爐次生產 100 g 之 Pt/AC
2. 以 TGA 量測少量試樣，吸氫重量密度達 6~6.5wt%
3. 藉由密度增加方法，使吸氫容積密度達 45~50 kg/m³
4. 展示 120 W 滑板車，使運作時間超過 20 分鐘
5. 利用第一原理計算分析氫氣在鉑顆粒之行為
6. 國外期刊 3 篇、研究報告 4 篇、國外專利 2 件、技術報告 1 篇

- (1) 藉由改善製備系統及流程，以達成每爐次生產 100 g 儲氫試樣之目標。
(2) 藉由精進製備程序，使量產材料之儲氫重量密度達 6.0~6.5 wt%。
(3) 藉由研磨及加壓成形方式提昇密度，並使容積密度提昇為 45~50 kg/m³。
(4) 藉由 100W 儲氫系統之運作經驗，精進組件及系統之控制參數，展示 100~150W PEM 儲氫匣系統。
(5) 建立分析模式，說明提昇儲氫值之氫氣移轉 (spillover) 的機制。

貳、基本資料

計畫名稱：高溫氫能發電系統與儲氫材料技術發展

主持人：林金福

審議編號：99-2001-02-04-10

計畫期間(全程)：99年01月01日至102年12月31日

年度經費：80,655千元 全程經費規劃：383,095千元

執行單位：核能研究所

參、計畫目的、計畫架構與主要內容

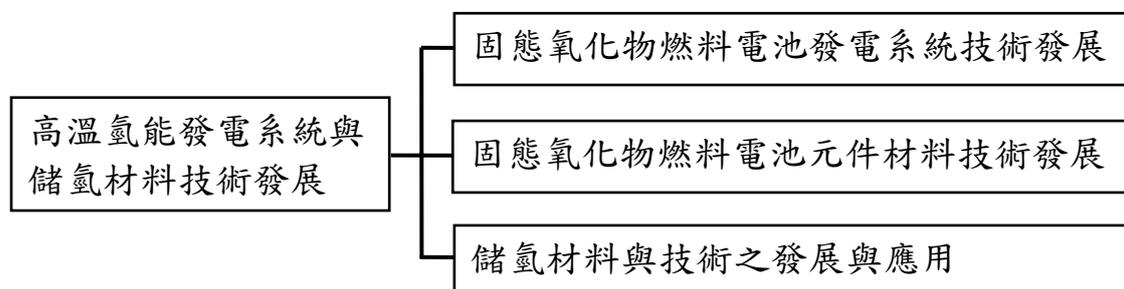
一、計畫目的與預期成效

本所投入環境能源科技研發，致力於高溫氫能發電系統與儲氫材料技術發展之總目標，係在建立固態氧化物燃料電池、及儲氫材料等之關鍵技術；規劃在四年(99~102年)內分別完成：

- (一)發展固態氧化物燃料電池發電系統技術，建立kW級電池堆(發電效率40%以上)及1~10 kW分散式發電系統(功率密度： $600 \text{ mW/cm}^2@700^\circ\text{C}$ ，衰減率 $<0.1\%/kh$ ，20次熱循環穩定性)之商業化量產技術；並研發SOFC發電系統，比例放大至MW級之關鍵技術。
- (二)發展固態氧化物燃料電池元件材料之製造技術，包括陶瓷基板支撐(ASC)及金屬基板支撐(MSC)兩類之電池元件。其中，陶瓷基板支撐電池元件之功率密度為 $600 \text{ mW/cm}^2@700^\circ\text{C}$ ，耐久性達2,000小時，衰減率 $<0.1\%/kh$ 。而金屬基板支撐電池元件之功率密度達 $350 \text{ mW/cm}^2@600^\circ\text{C}$ ，衰減率 $\leq 1\%/kh$ 。
- (三)開發儲氫材料研製與應用技術，建立每爐次500 g之奈米儲氫材料製備能力，儲氫材料之儲氫值(室溫及10 MPa)可達7~7.5wt%及60~65 kgH_2/m^3 。

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)



三、計畫主要內容

本(99)年度主要工作內容包括：

- (一) 固態氧化物燃料電池發電系統技術發展
 1. 精進 2 kW 電池堆組裝測試技術。
 2. SOFC 2 kW 箱型發電系統先期產品長程運轉驗證，產品規格：400 mW/cm²@750°C，衰減率<1%/kh。
 3. 燃料重組器開發與重組觸媒研製。
- (二) 固態氧化物燃料電池元件材料技術發展
 1. 製作 SOFC-MEA(ASC-Type)，尺寸為 10×10~15×15 cm²，衰減率 <2%/kh，功率密度 400~600 mW/cm² (800°C)。
 2. 研製 SOFC-MEA(MSC-Type)，尺寸為 10×10~15×15 cm²，衰減率 <6%/kh，功率密度 300~500 mW/cm² (750°C)。
 3. 規劃以甲烷(CH₄)為燃料之測試方法。
 4. 針對所內自製不同型態之電池元件進行電熱流及熱應力數值模擬分析。
- (三) 儲氫材料與技術之發展與應用
 1. 藉由改善製備系統及流程，以達成每爐次生產 100 g 儲氫材料試樣之目標。
 2. 藉由精進製備程序，使量產材料之儲氫重量密度達 6.0~6.5wt%。
 3. 藉由研磨及加壓成形方式提昇密度，並使容積密度提昇為 45~50 kg/m³。
 4. 藉由 100 W 儲氫系統之運作經驗，精進組件及系統之控制參數，展示應用於 100~150 W PEM 燃料電池發電系統。
 5. 建立分析模式，說明提昇儲氫值之氫氣移轉(spillover)機制。

肆、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

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(千元)	名稱	經費(千元)			
高溫氫能發電系統與儲氫材料技術發展	80,655			林金福	核能研究所	1000萬元以上計畫
		固態氧化物燃料電池發電系統技術發展	52,655	李堅雄	核能研究所	
		固態氧化物燃料電池元件材料技術發展	16,000	李茂傳	核能研究所	
		儲氫材料與技術之發展與應用	12,000	余明昇	核能研究所	

(註1)計畫請依國家型、由院列管、1000萬元以上及1000萬元以下分類標示。

(二)經資門經費表

預算執行數統計截止日期：99.12.31

會計科目	項目	預算數(執行數)/元			備註	
		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)		占總預算數% (執行率%)
一、經常支出						
業務費		36,975,000 (36,975,000)		36,975,000 (36,975,000)	45.84% (100%)	
小計		36,975,000 (36,975,000)		36,975,000 (36,975,000)	45.84% (100%)	
二、資本支出						
設備費		43,680,000 (43,680,000)		43,680,000 (43,678,858)	54.16% (100%)	
小計		43,680,000 (43,680,000)		43,680,000 (43,678,858)	54.16% (100%)	

合計	金額	80,655,000 (80,655,000)		80,655,000 (80,653,858)	100% (100%)	
	占總經費%= 分配數/預算數	100%		(100%)		
	(執行率=執行數÷ 分配數)					

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 (人年)	研究員級	副研究員級	助理 研究員級 (含助研、研助)	助理 (含技術 員、其他)
分支計畫 高溫氫能發 電系統與儲 氫材料技術 發展	原訂 (全年)	66.3	4.5	5.1	24.5	32.2
	實際	67.1	4.5	5.1	24.5	33
	差異	+0.8	0	0	0	+0.8
分項計畫 固態氧化物 燃料電池發 電系統技術 發展	原訂 (全年)	32	1	3.7	10.4	16.9
	實際	33.8	1	3.7	10.4	18.7
	差異	+1.8	0	0	0	+1.8
分項計畫 固態氧化物 燃料電池元 件材料技術 發展	原訂 (全年)	18.1	2.5	1	7.1	7.5
	實際	17.1	2.5	1	7.1	6.5
	差異	-1	0	0	0	-1
分項計畫 儲氫材料與 技術之發展 與應用	原訂 (全年)	16.2	1	0.4	7	7.8
	實際	16.2	1	0.4	7	7.8
	差異	0	0	0	0	0

與原計畫規劃差異說明：

原規劃全年度人力為 66.3 人年，實際人力為 67.1 人年；因部分人員工作調動或離職、新進等因素，與原規劃人力配置有些許差異，但在充份發揮人力配置下，不影響對計畫階段性目標之完成。

(二)主要人力投入情形(副研究員級以上)

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
			學歷	專長
林金福	分支 主持人	(4.8 人月) 分支計畫主持人	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	材料科技
李堅雄	分項 主持人	(7.2 人月) 計畫規劃、推動與技術現況評估	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	原子能工程
胥耀華	研究人員	(8.4 人月) 電池片及電性量測、SOFC-MEA 研發	學歷	碩士
			經歷	副研究員
			專長	材料科技
李瑞益	子項 主持人	(9.6 人月) 電池堆組裝、模擬、測試	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	材料科技
程永能	研究人員	(12 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
黃維屏	子項 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
熊惟甲	研究人員	(12 人月) 連接板電阻量測、SOFC-MEA 研發	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	機械工程
張永瑞	研究人員	(2.4 人月) 電力控管技術開發	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	電子電機工程
李茂傳	分項 主持人	(10.8 人月) SOFC-MEA 研發	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	化學工程

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
			學歷	專長
黃振興	分項 主持人	(12 人月) 電漿噴塗計畫 規劃、執行及 督導	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	原子能工程
陳中生	研究人員	(7.2 人月) 電漿噴塗粉末 受熱固化模擬	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	物理
余明昇	分項 主持人	(12 人月) 計畫規劃、分 工、協調	學歷	博士
			經歷	研究員
			專長	材料科技
曹正熙	研究人員	(4.8 人月) 中子繞射之試 樣儲氫測試分 析	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	能源工程

伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含量化成果 output)

計畫於年度內針對各項預期目標執行之成果如下表所示，而所獲得之學術成就與創新技術之專利申請等分述如下：

99 年度成果		
(一) 固態氧化物燃料電池發電系統技術發展		
年度預期目標	執行成果	差異分析
精進 2 kW 電池堆組裝測試技術	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進行兩片裝模組化電池堆測試，兩組電池堆模組各別功率為 11.9 W(@0.69 V)及 15.8 W(@0.67 V)，結合後功率為 25.46 W(@1.38 V)，顯示模組結合之效率極佳。(如圖 1) 2. 以 InDEC 電池片組裝 18 片裝模組電池堆，測試於氫氣和空氣流量分別為 14.4 和 36 l/min 條件下，OCV 為 20.48 V (1.14 V/cell)，於電壓 14.38 V (0.8 V/cell)時，功率達 543 W (30.16 W/cell) ，並完成超過 150 hr 之耐久性測試。(如圖 2) 3. 以本所自製金屬支撐型電池片(MSC)組裝 18 片裝電池堆，測試於氫氣和空氣流量分別為 14.5 和 36 l/min 條件下，OCV 為 18.87 V。於電壓 13.682 V (0.76 V/cell)時功率達 596W (408 mW/cm²)，大於 500 W (300 mW/cm²)之目標值。(如圖 3) 	符合目標
SOFC 2 kW 箱型發電系統先期產品長程運轉驗證，產品規格：400 mW/cm ² @750°C，衰減率 <1%/kh	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 InDEC 電池片五片裝電池堆進行 2 kW 箱型發電系統先期產品長程運轉測試，OCV 為 5.82 V。定電流 400 mA/cm² 並調降流量使得發電效率 Ef 維持在 39% 進行長期測試，已運轉 1300 hr，平均衰減率為 1.1%/kh。(如圖 4) 	參考國際研發趨勢，先以短電池堆(五片裝)進行長期測試，於發電效率 39% 下，衰減率為 1.1%/kh
燃料重組器開發與重組觸媒研製	<ol style="list-style-type: none"> 1. 開發雙區溫控重組器(如圖 5a)，依熱力學模擬，設計預熱管線及預熱區、反應區溫度，改善天然氣預熱積碳情形。以此重組器進行觸媒耐久性測試。反應條件為預熱溫度 350°C，反應溫度 800°C，目前已進行約 1500 小時，天然氣轉化率達 95% 以上。(如圖 5b) 	符合目標
學術成就 A. 國外期刊申請：4 篇、國內期刊申請及獲得：3 篇 B. 會議論文發表：5 篇 C. 研究/技術報告：30 篇	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成國內期刊論文 1 篇；國外期刊論文 13 篇 (含獲得 8 篇、已接受 1 篇、申請中 4 篇)。 2. 完成研究報告 34 篇 (含研究報告 13 篇、技術報告 7 篇、國內外會議 14 篇)。 3. 完成專利申請 13 件 (含獲得 6 件、申請中 7 件)。 	符合目標

D. 國外專利獲得及申請 7 件、國內專利獲得及申請 6 件		
(二) 固態氧化物燃料電池元件材料技術發展		
製作 SOFC-MEA (ASC-Type)，尺寸為 $10 \times 10 \sim 15 \times 15 \text{ cm}^2$ ，衰減率 $< 2\%/kh$ ，功率密度 $400 \sim 600 \text{ mW/cm}^2 (800^\circ\text{C})$	1. SOFC-MEA (ASC-Type)：(1) $P_{\text{max}} = 524.10 \text{ mW/cm}^2 (800^\circ\text{C})$ ；(2) 衰減率約 $1.3\%/1,000 \text{ hrs}$ ，前 500 hrs 操作劣化率約為 $0\% / Khrs$ (ASC-Type, $10 \times 10 \text{ cm}^2$)。	符合目標
研製 SOFC-MEA (MSC-Type)，尺寸為 $10 \times 10 \sim 15 \times 15 \text{ cm}^2$ ，衰減率 $< 6\%/kh$ ，功率密度 $300 \sim 500 \text{ mW/cm}^2 (750^\circ\text{C})$	1. 完成電漿噴塗送粉穩定性之提升，MSC 製程精進、微結構及電性量測，並完成 18 片 MSC 製作。 2. 完成 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 第一片自製多孔鎳鐵基板支撐 MSC 電池片其衰減率 $\sim 5.9\%/kh$, $310 \text{ mW/cm}^2 (750^\circ\text{C})$ 。	符合目標
針對所內自製之不同型態之電池元件進行電熱流及熱應力數值模擬分析	1. 完成所內自製 MSC 電池單元 cell testing、不同溫度下電池性能、燃料使用率及發電效率之分析工作。 2. 完成所內自製 MSC 電池堆於不同溫度及燃料流量下電池性能之量測工作。 3. 進行所內自製 ASC 電池單元 cell testing 完整分析模型製作(含高溫爐)及性能分析。 4. 以同步輻射光源完成 MSC 多層膜(電解質/隔離層/陽極功能層/陽極隔離層)內應力及應變量測及分析。	符合目標
學術成就 A. 國外期刊申請/獲得：5 篇 B. 國內、外會議：6 篇 C. 研究/技術報告：12 篇 D. 國外專利獲得及申請 8 件、國內專利獲得及申請 4 件	1. 完成國外期刊論文 8 篇 (含獲得 2 篇、已接受 1 篇、申請中 5 篇)。 2. 完成研究報告 30 篇 (含研究報告 14 篇、技術報告 2 篇、國內外會議 14 篇)。 3. 完成專利申請 13 件 (含獲得 3 件、申請中 10 件)。	符合目標
(三) 儲氫材料與技術之發展與應用		
藉由改善製備系統及流程，以達成每爐次生產 100 g 儲氫試樣之目標	已完成製作每爐次 100 g 之系統，進行相關溫控及過濾運作的測試，並成功完成每爐次 100g 試樣的製作。(如圖 6)	符合目標
藉由精進製備程序，使量產材料之儲氫重量密度達 $6.0 \sim 6.5 \text{ wt}\%$	目前每爐次製作 100 g 的 Pt/AC 試樣，其儲氫重量密度已可超越目標值達 $9 \text{ wt}\%$ ，惟吸氫速率有降低。	符合目標
藉由研磨及加壓成形方式提昇密度，並使容積密度提昇為 $45 \sim 50 \text{ kg/m}^3$	將活性碳經由和 glucose 混合，並於碳化處理加壓成型，提升密度至 0.7 g/cm^3 左右，再以特殊方法擔持 Pt 顆粒，吸氫重量密度約提升至 8	符合目標

	wt%，因此吸氫容積密度達 $\sim 50 \text{ kg/m}^3$ 。	
藉由 100 W 儲氫系統之運作經驗，精進組件及系統之控制參數，展示 100~150 W PEM 儲氫匣系統	目前製備量化試樣，選取約 80 g 的試樣，以不銹鋼網盛裝後再放入儲氫罐中，成功應用於功率 120 W 滑板車。(如圖 7)	符合目標
建立分析模式，說明提昇儲氫值之氫氣移轉(spillover)的機制	目前經由分子動力學所建立的吸氫模式，可以說明氫氣具方向性的流動，及高吸氫能力的機制。	符合目標
學術成就 A. 國外期刊申請：3 篇 B. 研究/技術報告：5 篇 C. 國外專利申請：2 件	1. 完成國內期刊論文 1 篇；國外期刊論文 6 篇 (含獲得 4 篇、申請中 2 篇)。 2. 完成研究報告 15 篇 (含研究報告 11 篇、技術報告 1 篇、國內外會議 3 篇)。 3. 完成專利申請 6 件。	符合目標

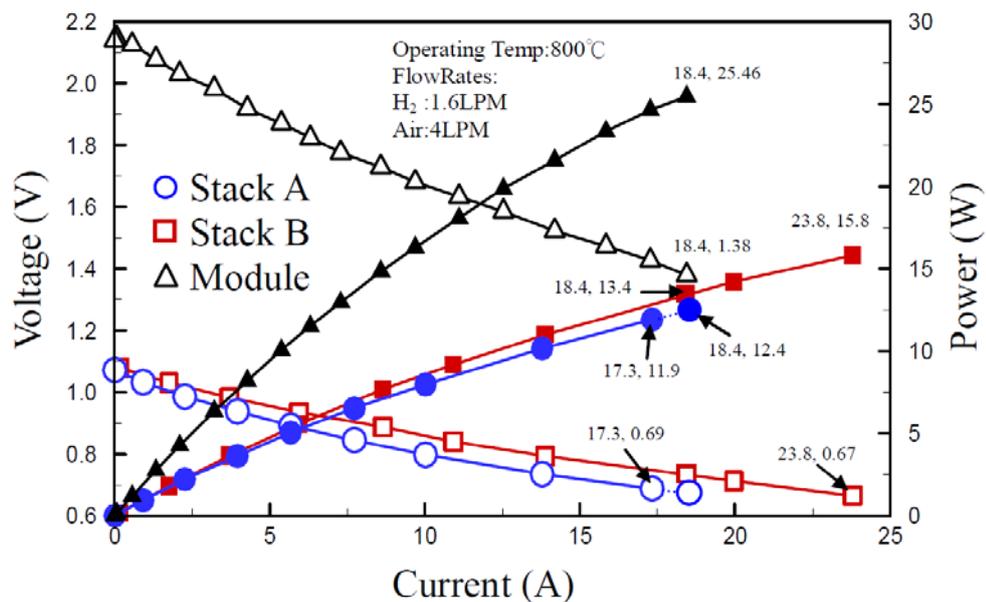


圖 1. 兩片裝模組化電池堆結合前後之效能比較

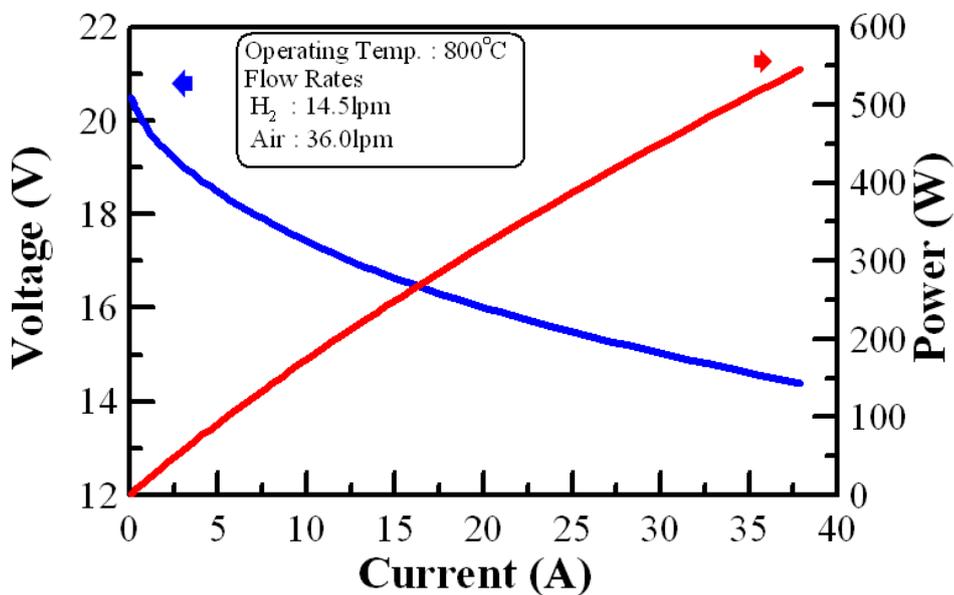


圖 2a. 18 片裝 InDEC 電池堆之效能曲線

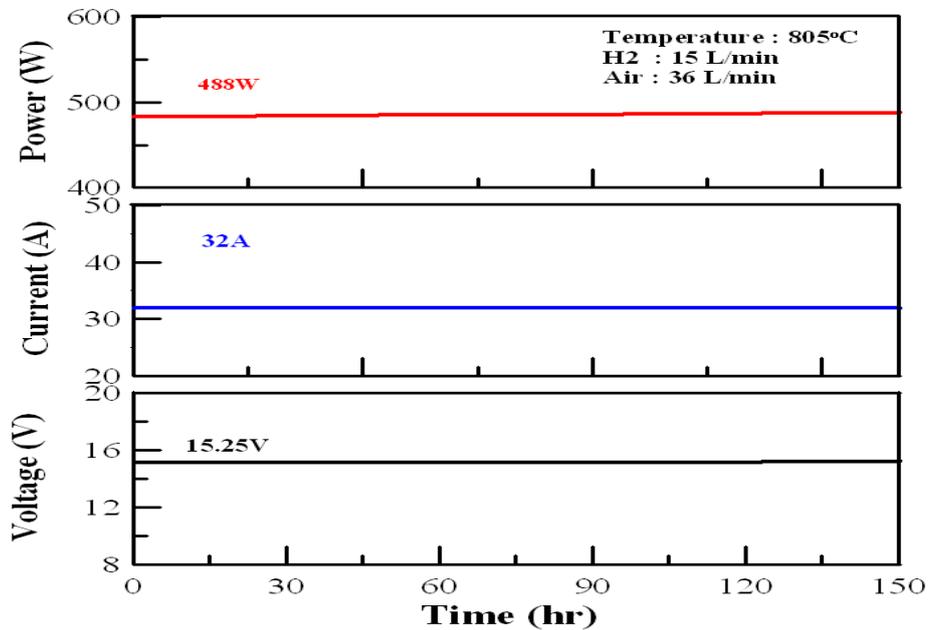


圖 2b. 18 片裝 InDEC 電池堆耐久性測試

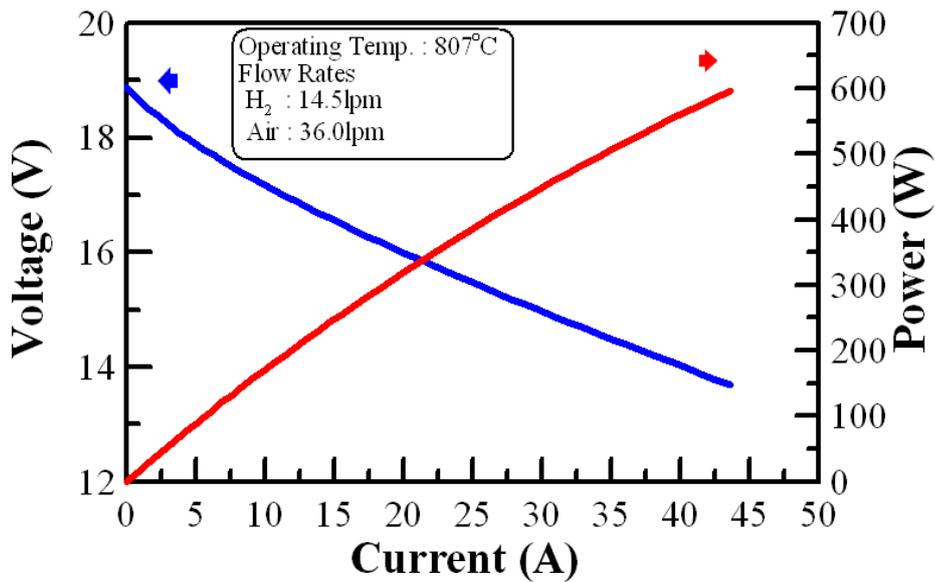


圖 3. 18 片裝本所自製 MSC 電池堆之效能曲線

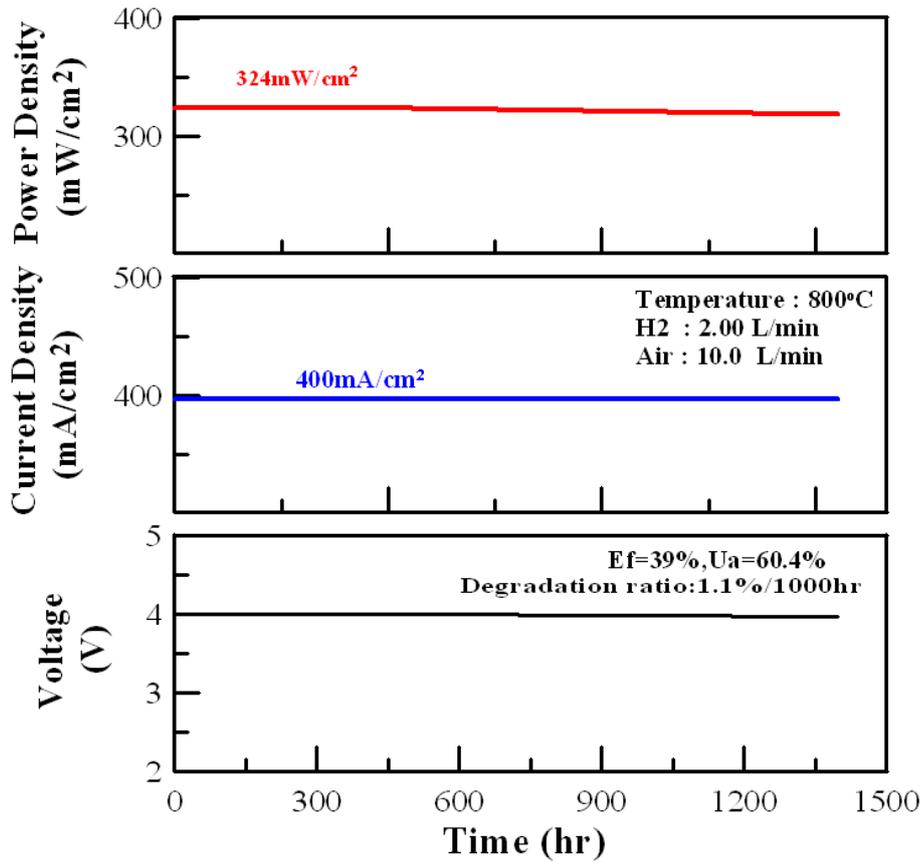


圖 4. 五片裝電池堆長期測試效能曲線

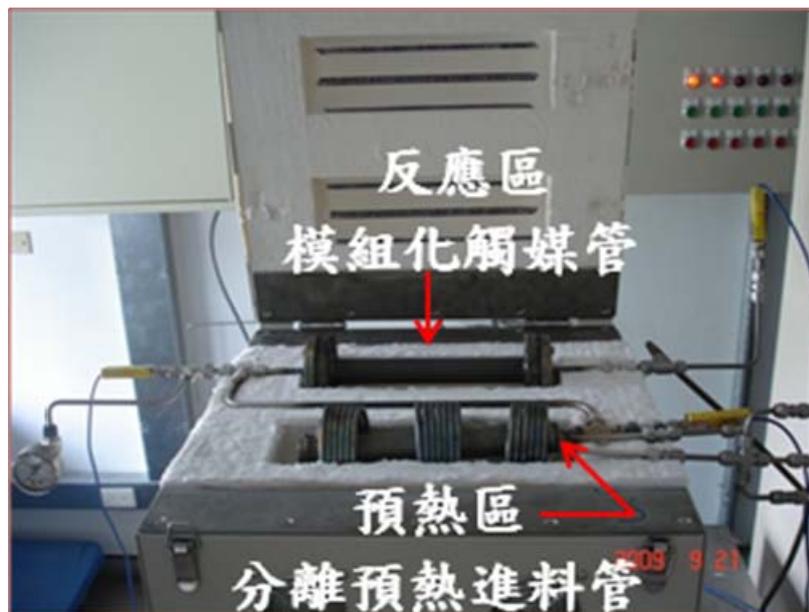


圖 5a. 自行開發之雙區溫控重組器

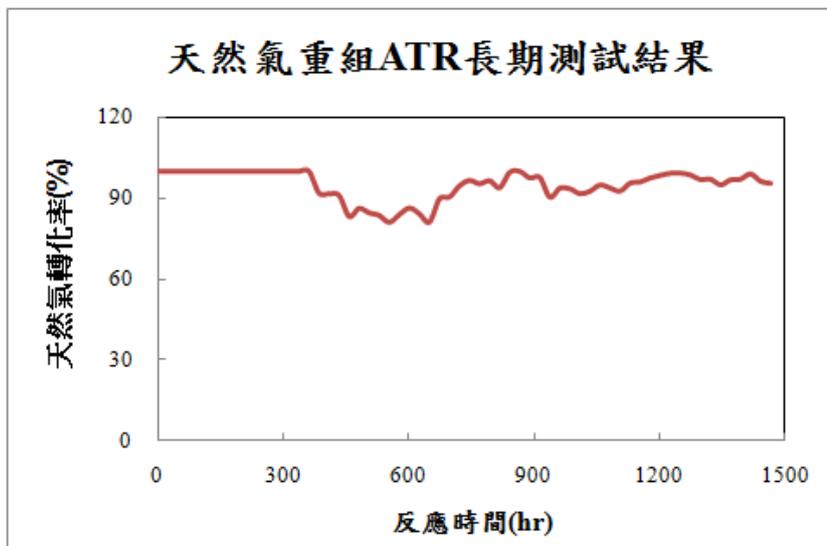


圖 5b. 觸媒耐久性 ATR 測試，目前已進行約 1500 小時，天然氣轉化率達 95%以上

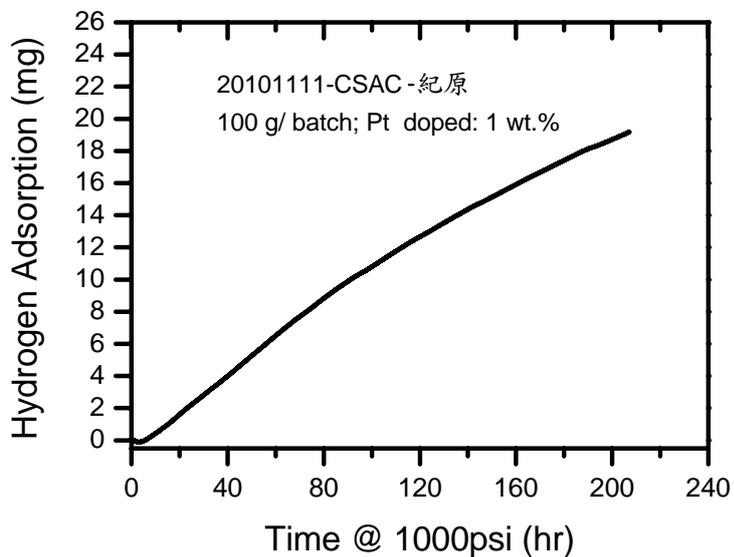


圖 6. 依上述少量試樣所建立的標準製程，依比例擴大製作每爐次 100 g 的 Pt/AC 試樣，其吸氫速率可達 $2.2 \mu\text{g}/\text{min}$ ，而吸氫能力經過 220 小時約增加 19.2 mg，若未計算其浮力效應，其吸氫重量密度約可達 12.8 wt%，已超越儲氫目標值



圖 7. 儲氫材料應用於 150 W 儲氫匣運作系統測試

一、本計畫重要成果及重大突破

(一) 學術成就

1. 本年度預定目標值：國外期刊申請及發表 12 篇；國內期刊發表 3 篇；國內外會議發表 11 篇；研究/技術報告 47 篇。實際產出：國外期刊(SCI)14 篇、2 篇已接受、申請中 10 篇；國內期刊發表 2 篇；國內外會議發表 31 篇；研究/技術報告 48 篇。
2. 本年度委託國內 7 所大學研究計畫，培育博、碩士生 15 人。
3. 撰寫標準作業程序一份「固態氧化物燃料電池研發簡介」提供相領域學習及從業人員技術指引。

(二) 技術創新

1. 本年度預定目標值：申請專利 27 篇。實際產出：合計申請 32 件，含獲得：9 件(含國外 7 件、國內 2 件)、申請中：23 件(含國外 11 件、國內 12 件)。建立專利佈局，裨益國內廠商拓展國際市場。
2. 本計畫人員應各界邀請演說共 17 場次，並發表多篇論文，顯示此技術之發展受到重視，成果獲得肯定。

(三) 經濟效益

1. 提供一項技術服務「連接板合金材料電阻量測」，促進與學界合作研究成果之實用性。
2. 與國內 7 所學校簽訂合作研究計畫。合作研究 9 件，研究金額 7,650 千元，藉由與國內學界之合作，有效整合研發能量，從基礎研究突破研發瓶頸。另外和美國 MIT 及 NIST、與 Pen. State Univ 合作。

(四) 社會影響

● 就業機會

1. 本計畫本年度因計畫的執行，聘用相關研發人力 42 人，可降低失業率。
2. 固態氧化物燃料電池發電系統技術發展
 - (1) 本所進行 SOFC 相關研發，激發國內學界與產業界對 SOFC 相關研究與市場動向之興趣，進而形成國內科研之重要議題，有效提升進行 SOFC 相關工作之人數，對增加就業人口有所助益。本年度本計畫新進一位替代役博士研究人員。
3. 固態氧化物燃料電池元件材料技術發展
 - (1) 探討 Proton transfer 型之 SOFC 相關材料開發與 MEA 研製技術，擴大參與之商機。擴展 SOFC 新應用功能，提供有意繼續

從事 SOFC 深入研究之社會年輕人材的就業機會。

(2) 與台北科技大學合作培育人材，建立電漿噴塗研製 SOFC 關鍵技術，開創電漿噴塗能源應用之產業，提升社會福祉。本年度本計畫新進一位替代役碩士研究人員。

4. 儲氫材料與技術之發展與應用

(1) 未來氫能經濟若能逐步實現，對於溫室氣體的排放當能有效的減緩或完全的遏止，可讓社會免於因空氣污染抗爭，造成社會的紛擾影響產業的發展。

(2) 此外，由於氫能可以自行生產勿須進口，也可以建立自主的能源系統，逐漸減少進口能源之比例。

● 環保節能

1. 固態氧化物燃料電池發電系統技術發展

(1) SOFC 發電系統可有效抑低 CO₂ 排放，以輸出電力規模 1000 MW/年、發電效率 50% 估計，則全年約較火力電廠可減少 CO₂ 排放量 1.06×10^6 公噸，有效降低溫室氣體之排放。

2. 固態氧化物燃料電池元件材料技術發展

(1) SOFC 具有高能源 conversion efficiency，可節能減碳，另將其功能擴大應用領域，解決 greenhouse effect issue，本計畫已獲具體成果，可衍生貢獻於環保或節能事宜。

(2) 改善及精進電漿噴塗研製電池片工作參數，減少錯誤及噴塗次數，有助節能及減碳。

3. 儲氫材料與技術之發展與應用

1. 未來氫能經濟若能逐步實現，則氣候急遽變化所帶來的恐懼與憂慮，也可逐漸消弭。

(五) 其它效益

1. 固態氧化物燃料電池發電系統技術發展

1. 本計畫就 SOFC 相關議題與各學術單位進行合作研究，包括：中央大學機械系、台南大學機械系、清華大學動力機械系、台灣大學材料系、聯合大學材料系。

2. 固態氧化物燃料電池元件材料技術發展

(1) INER 與交大完成簽訂[SOFC-System 相關研究計畫]、[共同合作意願書]。另與台北科技大學合作培育人材，建立電漿噴塗研製 SOFC 關鍵技術，開創電漿噴塗能源應用之產業，提升社會福祉。

(2) 與台北科技大學楊永欽教授合作探討電漿噴塗電池膜層熱應力分析，不定期提供 Button Cell 電池試片供其量測及分析。

3. 儲氫材料與技術之發展與應用

(1) 透過 INER 和 MIT 及 NIST 合作，以 Neutron Scattering 量測高

壓下 Pt/AC 試樣的吸氫量與分析吸氫行為，確實說明在靜滯氫氣下，neutron scattering 的確可以精確量測其 total 和 excess 吸氫量，再配合 SANS 可以評估氫氣以 disk-like 的方式吸附在 AC 孔洞內的 graphene 上。

- (2) 掌握試樣製作能力及大幅提升吸氫量之儲氫模式。提供試樣及儲氫方法至 Pen. State Univ. 的 Angela Lueking，期望能夠透過驗證，建立未來和美國 DOE 的合作。

二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破

(一)主要之量化成果

能源領域

屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破	
學術成就	論文 年度目標： 國內外期刊申請及發表 15 篇 國內外會議發表 11 篇	國內期刊：已發表 2 篇 國外期刊(SCI)： 已發表 14 篇 另已接受 2 篇 申請中 10 篇 國內外會議論文：31 篇	研發成果發表於 SCI 期刊，提高國際能見度。	在國際知名期刊登，並於重要會議發表。	
	博碩士培育	博士 4 人 碩士 11 人	與國內學界合作，有效整合研發能量。	薪資約 53 萬元。	
	研究/技術報告 年度目標：47 篇	研究/技術報告：48 篇	促進所內同仁提升專業知識；並有利技術傳承。		
技術創新	專利 年度目標：申請 27 件	獲得：9 件 (含國外 7 件、國內 2 件) 申請中：23 件 (含國外 11 件、國內 12 件)	建立專利佈局，裨益國內廠商拓展國際市場。		
經濟效益	促成產學合作	1. 與國內 7 所學校合作研究 9 件，研究金額 7,650 千元。 2. 和美國 MIT 及 NIST 合作。另外，與 Pen. State Univ 合作。	與國內學界及國際合作從理論面/基本面進行技術開發，以達技術提昇的目標。		
社會影響	民生社會發展	增加就業	42 人	聘用相關研發人力。	薪資約 270 萬元。
	環境安全永續	共通/檢測技術服務	連接板合金材料電阻量測。	促進與學界合作研究成果之實用性。	
其它效益	規範/標準制訂	SOFC 測試標準作業程序。	協助制訂國內燃料電池相關規範。		

陸、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 30%)

1. 本年度發表國外期刊 14 篇、另 2 篇已接受。摘要說明如下：

固態氧化物燃料電池發電系統技術發展 (9 篇)

- (1) 【Thermal stress and thermo-electrochemical analysis of a planar anode-supported solid oxide fuel cell: Effects of anode porosity】: A 3D integrated model is constructed to evaluate thermal-fluid behavior and thermal stress analysis for a planar anode-supported SOFC cell. The commercial code Star-CD with es-sofc module is employed to simulate the current-voltage (I-V) as a function of porosity, and to obtain the temperature field of a test cell under different operating conditions. The temperature field is then imported into finite-element software MARC for further thermal stress analysis. In this study, assessments are performed as regard to operating voltages, temperature gradients and anode porosity of a SOFC cell. The numerical calculations are validated by experimental data of a test cell. They are in good agreement. A comparison of calculated thermal stresses with its flexural strength of a Positive electrode- Electrolyte-Negative electrode (PEN) indicates that the maximum stresses are lower than the fracture strength under normal operating condition. (0378-7753, JOURNAL OF POWER SOURCES, 195, 1895~1904. SCI)
- (2) 【Experimental study of after-burner operation for a 1 kW SOFC system with natural gas reformer】: The functions of the after-burner, which burns anode off gas and cathode off air, are to decrease the harmful emissions and to increase the thermal efficiency in the solid oxide fuel cell (SOFC) system. The requirements of after-burner performance should avoid flash back or flame extinction occurring during the operation with a SOFC stack. A series of experiments have been conducted to investigate the optimal operations of after-burner, porous media burner, for a 1 kW SOFC power system. In order to determine the test conditions of anode off gas, a general computational tool GCTool is verified for simulating the composition of reformat gas and anode off gas under different SOFC fuel utilization. The test results revealed that the flame barrier temperature in after-burner needs to control at a certain range to enhance the operation range and to cover various conditions. Finally no extra fuel and additional cooling air is accomplished under the long term operation of SOFC system. (0378-7753, J POWER SOURCES, 195, 1454~1462. SCI)

- (3) **【Effects of Crystallization on the High-Temperature Mechanical Properties of a Glass Sealant for Solid Oxide Fuel Cell】**: Effects of crystallization on the high-temperature mechanical properties of a newly developed silicate-based glass sealant (GC-9) are investigated for use in planar solid oxide fuel cell (pSOFC). The aged, crystallized GC-9 glass is produced by heat treatment of the original GC-9 glass at 900°C for 3 h. Not only crystalline phases are formed but the residual glass is also changed in the aged GC-9 glass after the heat treatment. Mechanical properties of the aged GC-9 glass are determined by four-point bending technique at temperature from 25 °C to 750°C. The glass transition temperature of the given glass is reduced but the softening temperature is increased by such a crystallization heat treatment. The aged GC-9 glass exhibits a greater flexural strength and Young's modulus than the non-aged one at temperature below 650°C due to the existence of crystalline phases. At temperature of 700°C and 750°C, a greater extent of stress relaxation is found in the aged GC-9 glass such that its strength and stiffness are much lower than those of the non-aged one. The changes in the thermal and mechanical properties through the given aging treatment are favorable for application of the GC-9 glass sealant in pSOFC. (0378-7753, JOURNAL OF POWER SOURCES, 195, 10, 3159~3165. SCI)
- (4) **【Numerical investigation into premixed hydrogen combustion within two-stage porous media burner of 1 kW solid oxide fuel cell system】**: Numerical simulations are performed to analyze the combustion of the anode off-gas / cathode off-gas mixture within the two-stage porous media burner of a 1 kW solid oxide fuel cell (SOFC) system. In performing the simulations, the anode gas is assumed to be hydrogen and the combustion of the gas mixture is modeled using a turbulent flow model. The validity of the numerical model is confirmed by comparing the simulation results for the flame barrier temperature and the porous media temperature with the corresponding experimental results. Simulations are then performed to investigate the effects of the hydrogen content and the burner geometry on the temperature distribution within the burner and the corresponding operational range. It is shown that the maximum flame temperature increases with an increasing hydrogen content. In addition, it is found that the burner has an operational range of 1.2~6.5 kW when assigned its default geometry settings (i.e. a length and diameter of 0.17 m and 0.06 m, respectively), but increases to 2~9 kW and 2.6~11.5 kW when the length and diameter are increased by a factor of 1.5, respectively. Finally, the operational range increases to 3.5~16.5 kW when both the diameter and the

length of the burner are increased by a factor of 1.5. (INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY AND ENVIRONMENT, 1, 4, 589~606.)

- (5) **【Parametric study of anodic microstructures to cell performance of planar solid oxide fuel cell using measured porous transport properties】**: This study reports effects of porosity (ϵ), permeability (k) and tortuosity (τ) of anodic microstructures to peak power density (PPD) of a single-unit planar anode-supported SOFC based on 3D electrochemical flow models using measured porous transport properties. Applying particle image velocimetry, a transparent porous rib-channel with different ϵ is applied to measure an effective viscosity (μ_e) in the Brinkman equation commonly used to predict flow properties in porous electrodes. It is found that, contrary to the popular scenario, μ_e is not equal to the fluid viscosity (μ_f), but it is several orders in magnitude smaller than μ_f resulting in more than 10% difference on values of PPD. Numerical analyses show: (1) while keeping k and τ fixed with ϵ varying from 0.2 to 0.6, the highest PPD occurs at $\epsilon=0.3$ where the corresponding triple-phase-boundary length is a maximum; (2) PPD increases slightly with k when $k \leq 10-11 \text{ m}^2$ due to the diffusion limitation in anode; and (3) PPD decreases with τ when $\tau > 1.5$ due to the accumulation of non-depleted products. Hence, a combination of $\epsilon=0.3$, $k=10-11 \text{ m}^2$, and $\tau = 1.5$ is suggested for achieving higher cell performance of planar SOFC. (0378-7753, JOURNAL OF POWER SOURCES, 195, 2260~2265. SCI)
- (6) **【The impact of flow distributors on the performance of planar solid oxide fuel cell】**: This paper presents a newly established testing rig for planar solid oxide fuel cell. Two sets of nearly identical single-cell stacks except using different designs of flow distributors are measured to show how exactly the cell performance of such single-cell stacks would vary with a change in the degree of flow uniformity. It is found that by using small guide vanes around the feed header of commonly used ribchannel flow distributors to improve effectively the degree of flow uniformity, the power density of the single-cell stack can be increased by 10% as compared to that without using guide vanes under exactly the same experimental conditions. Also discussed are the start-up procedure and effects of hydrogen and air flow rates varying from 0.4 slpm to 1 slpm on cell performance of these two single-cell stacks which are measured over a range of the operating temperature varying from 650°C to 850°C. After 100 h of continuous cell operation, the examination of the reduction and oxidation stability of the anodic surface reveals that the improvement of flow uniformity in flow distributors is useful to

achieve a more balanced use of the anodic catalyst. (0378-7753, JOURNAL OF POWER SOURCES, 195, 6280~6286. SCI)

- (7) **【Thermodynamic analysis of hydrogen production from methane via autothermal reforming and partial oxidation followed by water gas shift reaction】** : Reaction characteristics of hydrogen production from a one-stage reaction and a two-stage reaction are studied and compared with each other in the present study, by means of thermodynamic analyses. In the one-stage reaction, the autothermal reforming (ATR) of methane is considered. In the two-stage reaction, it is featured by the partial oxidation of methane (POM) followed by a water gas shift reaction (WGSR) where the temperatures of POM and WGSR are individually controlled. The results indicate that the reaction temperature of ATR plays an important role in determining H₂ yield. Meanwhile, the conditions of higher steam/methane (S/C) ratio and lower oxygen/methane (O/C) ratio in association with a higher reaction temperature have a trend to increase H₂ yield. When O/C = 0.125, the coking behavior may be exhibited. In regard to the two-stage reaction, it is found that the methane conversion is always high in POM, regardless of what the reaction temperature is. When the O/C ratio is smaller than 0.5, H₂ is generated from the partial oxidation and thermal decomposition of methane, causing solid carbon deposition. Following the performance of WGSR, it suggests that the H₂ yield of the two-stage reaction is significantly affected by the reaction temperature of WGSR. This reflects that the temperature of WGSR is the key factor in producing H₂. When methane, oxygen and steam are in the stoichiometric ratio (i.e. 1:0.5:1), the maximum H₂ yield from ATR is 2.25 which occurs at 800°C. In contrast, the maximum H₂ yield of the two-stage reaction is 2.89 with the WGSR temperature of 200°C. Accordingly, it reveals that the two-stage reaction is a recommended fuel processing method for hydrogen production because of its higher H₂ yield and flexible operation. (0360-3199, INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY, 35, 21, 11787~11797. SCI)
- (8) **【Numerical analysis of effects of flow channel size on reactant transport in a proton exchange membrane fuel cell stack】** : Numerical simulation of transport phenomena in a six-cell PEM fuel cell stack is performed to adjust the gas channel size of individual cells to obtain evenly distributed cell voltages. Commercial software, CFD-ACE+, is used as the solution code, and the effects of various combinations of geometric parameters of the channels are investigated, including the channel width ratios (Λ) and the heights of the gas channels (h). Furthermore, a six-cell fuel cell stack was assembled for experiments, and the polarization curves of the stack

were measured. With the help of the experimental data, the values of the physical and electrochemical parameters adopted in the computation model are determined, and the computation model is then used in numerical simulation. Under the assumption of no dry out in the cells, an even voltage distribution can be obtained if the distribution of reactant gas is uniform among the cells. In this study, better combinations of the channel width ratios and the heights of gas channels for individual cells are proposed to yield a uniform distribution of the reactant gases in the cells. An adjustment of the geometric parameters of gas channels that leads to evenly distributed voltages is attempted, and a 16.5% increase in the performance of the fuel cell stack is observed simply by adjusting the sizes of the gas channels. (0378-7753, JOURNAL OF POWER SOURCES, 194, 349~359. SCI)

- (9) **【Comparison of Oxidation Behaviors among three Fe-Cr based Alloys for Solid Oxide Fuel Cell Interconnect】**: Two metallic alloys, containing comparable amounts of Cr underwent oxidation in hot air simulating (the solid oxide fuel cell cathode atmosphere) for various periods. The results demonstrated that the oxidation kinetics of Crofer22 APU and equivalent ZMG232 followed the parabolic rate law and oxidation rates increased with temperature. Typical oxidation rates of Crofer22 APU and ZMG232 upon annealing treatment are approximately 0.21 orders of magnitude lower than that of ZMG232. An oxide scale electron probe micro analyzer (EPMA), a scanning electron microscope (SEM) and X-ray diffractometer were adopted to verify the applicability of Fe-Cr-based alloys in the SOFC interconnect component. Two alloys contain comparable amount of Cr, Mn, Fe, and their surface oxides as analyzed indicate to be Cr_2O_3 and $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$ spinel compound. In summary, Crofer22 APU had the best oxidation resistance of any of the alloys of interest. (1478-422X, CORROSION ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY, SCI) (已接受)

固態氧化物燃料電池元件材料技術發展 (3 篇)

- (1) **【Fabrication and characterization of $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ -GDC cathode for anode supported SOFC】**: $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (BSCF) and Gadolinia doped ceria (GDC) are synthesized via glycine-nitrate process (GNP). A cubic perovskite of BSCF is observed by X-ray diffraction (XRD) at calcination temperature above 950°C . The anode supported single cell is constructed by the porous NiO+YSZ as anode substrate, the yttria-stabilized zirconia (YSZ) as electrolyte, porous BSCF-GDC layer as cathode with GDC barrier layer. For the performance test,

the maximum power density is 191.3 mWcm^{-2} for the temperature of 750°C with H_2 fuel and air at flow rates of 335 and 670 sccm, respectively. According to the AC-impedance data, the charge transfer resistances of electrodes are 0.1 and 1.59 cm^2 ; and the oxygen reduction and diffusion resistances of oxygen ions are 0.69 and 0.98 cm^2 at 750°C and 600°C , respectively. SEM microstructure indicates that the as-fabricated fuel cell exhibits the good compatibility between cathode and electrolyte layer. (0378-7753, JOURNAL OF POWER SOURCES, 195, 2220~2223. SCI)

- (2) **【Fabrication and evaluation of the electrochemical performance of the anode supported solid oxide fuel cell with the composite cathode of $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ -Gdolinia-doped ceria oxide / $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ -LSM-Gadolinia-doped ceria (GDC) /LSM double-layer cathode. The SEM results show that the YSZ thin film is highly integrated and fully dense with a thickness of $13 \text{ }\mu\text{m}$ and exhibits the good compatibility between cathode and electrolyte layers. Key effects of the cell operation parameters of feed rates of the reactants, temperature, and contact pressure between current collector and unit cell on the cell performance were systematically investigated and the result evaluation was based on the assumption that the anode contribution to the polarization resistance was negligible. It showed that the electrochemical reaction was limited by mass transfer control when airflow rate was decreased to 500 mlmin^{-1} . The maximum power density was 204.6 mWcm^{-2} at the temperature of 800°C with H_2 fuel and air at flow rates of 800 and 2000 mlmin^{-1} , respectively. According to the AC-impedance data, the resistances of charge transfer at the electrode/electrolyte interface were 3.79 and 1.90 cm^2 ; and the resistances of oxygen reduction processes were 3.63 and 1.01 cm^2 at 700°C and 800°C , respectively. The results of the sensitivity analysis of the variation of the contact pressure between current collectors and membrane electrode assembly (MEA) also showed that the influence was enhanced at the regions of the high current and low flow rate, respectively. (0378-7753, JOURNAL OF POWER SOURCES, 195, 19, 6468~6472. SCI)**
- (3) **【High Performance Metal-supported ITSOFCs Fabricated by Atmospheric Plasma Spraying】**: Metal-supported intermediate temperature solid oxide fuel cells (ITSOFCs) made up of porous nickel substrate, LSCM ($\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_3$) diffusion barrier

layer, nano-structured LDC ($\text{Ce}_{0.55}\text{La}_{0.45}\text{O}_2$)-Ni composite anode, LDC diffusion barrier layer, LSGM ($\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_3$) electrolyte, LSCF ($\text{La}_{0.58}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_3$)-LSGM composite cathode interlayer and LSCF cathode current collector have been fabricated successfully by atmospheric plasma spraying (APS). The APS cells with 15 cm^2 active area produced remarkable electric power densities such as 1270 mW/cm^2 (800°C), 978 mW/cm^2 (750°C), 702 mW/cm^2 (700°C), 427 mW/cm^2 (650°C) and 232 mW/cm^2 (600°C) by using H_2 as fuel and air as oxidant. The durability test results for a time period of 1000 hours showed degradation rates of about 3%/kh were obtained at the test conditions of 400 mA/cm^2 and 700°C with output power densities around 355 mW/cm^2 at the beginning and output power densities around 344 mW/cm^2 at the end. Performance results demonstrated the success of APS processing strategy for metal-supported and LSGM based ITSOFCs. (0378-7753, JOURNAL OF POWER SOURCES, 196, 4, 1932~1939. SCI) (已接受)

儲氫材料與技術之發展與應用 (4 篇)

- (1) **【Hydrogen storage measurement, synthesis and characterization of metal-organic frameworks via bridged spillover】**: We present a buoyancy compensated high-pressure thermo-gravimetric technique to measure of hydrogen uptake of metal organic frameworks (MOFs), which result was validated through the Southwest Research Institute. The measured hydrogen uptake for the Platinum/activated-carbon (Pt/AC) bridged MOFs is 2.39 wt% at 6.9 MPa, in good agreement with that ($\sim 2.48\text{ wt}\%$) of Lee and Yang (J. Am. Chem. Soc. 128, p.8136, 2006). The structure parameters we studied include the surface morphology of, the specific surface areas of, the crystal structure of, and the dispersion of Pt/AC on the MOFs using the scanning electron microscope, the transmission electron microscope, the powder X-ray diffraction and the nitrogen sorption isotherm analysis, respectively. (0925-8388, JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS, 492, 88~94. SCI)
- (2) **【Structural Analysis and Thermal Behavior of Pore Networks in High-surface-area Metal-organic Framework】**: Metal-organic framework-5 (MOF-5) with high surface area was synthesized in this study. The complete picture of pore structure in the crystal from the locally perfect micropore channels to the global mesopore network distributed along the constituent micrograins was revealed by small-angle X-ray scattering (SAXS). The in-situ SAXS measurement was conducted to investigate the concurrent evolution of mesopore structure and micrograin boundary during heating and thermal activation at 200°C . During the pore evacuation and

formation of micrograin boundary, the flexible mesopores shrink, swell and realign, while the micropores remain stably rigid. The result shows the role of the tunable mesopore network in the MOF-5 crystal governing the storage and migration of gas molecules. This new finding will be useful for guiding the rational crystal design and the synthetic modification for improving the hydrogen storage. (1932-7447, JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C, 114, 7014~7020. SCI)

- (3) **【Effect of Catalyst Size on Hydrogen Storage Capacity of Pt-impregnated Active Carbon via Spillover】**: There are two regimes that exhibit two distinctive behaviors of spillover. The present study used small-angle X-ray scattering (SAXS) to measure size distribution of Pt nanoparticles in the bulk Pt-impregnated active carbon sample. The peak position of the size distribution as determined by SAXS turns out to be at ~ 1 nm, which is rarely discussed in this field. SAXS technique is complementary to the other characterization methods. The experimental clue coming from SAXS measurement and our hydrogen storage capacity study shows that the impregnated Pt nanoparticles of ~ 1 nm size can enhance the hydrogen spillover effect. It can significantly increase the room temperature hydrogen uptake compared to currently studied similar systems. The mass loading of catalyst is not a critical factor. Tuning the pore-confined Pt sizes (< 2 nm) in combination with an optimum activation method should play an effective role in further enhancement via the spillover effect. (1948-7185, JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS, 1, 1060~1063. SCI)
- (4) **【Neutron Scattering Methodology for Absolute Measurement of Room-Temperature Hydrogen Storage Capacity and Evidence for Spillover Effect in a Pt-Doped Activated Carbon】**: A neutron scattering methodology is proposed to simultaneously determine the total hydrogen adsorption, the excess hydrogen adsorption, and hydrogen gas confined in the porous sample. This method is capable of an absolute measurement of the hydrogen content without need for any calibration. It involves the least amount of corrections and is not likely to be affected by the instrumental factors compared to the traditional gravimetric and volumetric methods. We used this method to study the physisorption behavior at room-temperature (RT) of a Pt-doped activated carbon sample as a function of hydrogen pressure. This method will become a simple and important tool for solving various problems arising from the traditional measurements of RT hydrogen storage capacities. It can be combined with an in situ small-angle neutron scattering to study the hydrogen spillover effect in the kinetic adsorption process. Storage capacity and spatial

distribution of the hydrogen adsorbed due to spillover are concurrently revealed. (1948-7185, JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS, 1, 1569~1573. SCI)

2. 研發成果發表於國際重要 SCI 期刊，如 Journal of Power Sources、Journal of Alloys and Compounds、Journal of Physical Chemistry C、Journal of Physical Chemistry Letters、International Journal of Hydrogen Energy 等。論文內容包括 SOFC 元件、電池堆、及系統之各項精進技術之發現與建立；此外對於 Pt/AC 儲氫材料之吸氫理論有獨特之分析，提供相關研究重要參考。
3. 建立研究團隊包括：SOFC 電池堆設計及組裝技術開發實驗室、SOFC 發電系統設計及驗證實驗室、SOFC 材料與元件研製與測試實驗室、低密度多孔儲氫材料研發實驗室。
4. 獲邀於 Asian SOFC Symposium 發表研究報告，另一篇論文獲第五屆全國氫能與燃料電池學術研討會之最佳論文獎(6 篇之 1，2010 年 12 月 17~18 日，台南市)。

二、技術創新(科技整合創新)(權重 30%)

1. 本年度獲得專利 9 件 (另申請 23 件)。摘要說明如下：

固態氧化物燃料電池發電系統技術發展

專利獲得：6 件

- (1) 【多層圓管型固態氧化物燃料電池模組】：一種多層圓管型固態氧化物燃料電池模組包括有：複數個管狀電極、一反應物提供部以及一預熱管路。該複數個管狀電極呈同心排列。該反應物提供部可分別提供一氣體以及燃料給該管狀電極之陰極層以及陽極層。該預熱管、路係與該反應物提供部相連通，該預熱管路可接收由未反應之燃料以及氣體因高溫燃燒所產生之熱以預熱該反應物提供部內之氣體以及燃料。由於該燃料電池之電極結構係成同心圓排列而不佔體積，因此可提高單位體積之發電效率。本發明更以該燃料電池為一發電單元，將複數個發電單元組合而成一燃料電池模組，利用模組化設計，可以讓使用者彈性組合安裝，以便於維修更新電池發電單元。專利證號 US7,674,543B2，美國，發明專利。
- (2) 【燃料電池燃氣反應控制模擬裝置】：一種燃料電池燃氣反應控制模擬裝置，包含一具有陽、陰極部之連接單元；一與陽、陰極部連接之燃燒混合單元與感測分析單元；一與感測分析單元連接之第一流量控制單元；一與第一流量控制單元連接之第一混合單元；一與感測分析單元及第一混合單元連接之第一熱交換單元；一與感測分析單元連接之第二流量控制單元；一與第二流量控制

單元連接之第二混合單元；以及一與感測分析單元、第一熱交換單元及第二混合單元連接之第二熱交換單元。藉此，可取代固態氧化物燃料電池(SOFC)，進行使用時所需之燃氣反應測試，以供燃氣回收再利用或經續燃器燃燒熱能回收評估及驗證，而達到節省測試時所需之成本。創作特點：本發明之主要目的係在於，可取代固態氧化物燃料電池(SOFC)，進行使用時所需之燃氣反應測試，而達到節省測試時所產生之成本。專利證號 US7,698,119B2、I319639 號，美國、中華民國，二件發明專利。

- (3) **【固態氧化物燃料電池陽極材料透氣率量測裝置】**：一種固態氧化物燃料電池陽極材料透氣率測試裝置，包含一具有底座及上蓋之測試單元，該底座之一端面係具有一容置部，該上蓋之一端係具有輸入部，另端具有與容置部對應接合之凸出部，而該底座及上蓋係分別具有一連通容置部、輸入部與凸出部且相對應之穿孔；一與輸入部連接可輸出氣體至測試單元之供氣單元；以及一與供氣單元連接可紀錄輸出至測試單元氣體穿透率之紀錄單元。藉此，可將固態氧化物燃料電池之陽極材料設置於測試單元中，利用供氣單元與紀錄單元之配合，而達到有效且精確測量陽極材料之透氣率。專利證號 US7,694,550B2，美國，發明專利。
- (4) **【金屬之面積比電阻量測方法及量測裝置】**：一種金屬在 900°C 以下高溫環境中之面積比電阻量測方法及量測裝置，係將銀膠塗佈於金屬片之待測面上，在高溫爐中經烘乾成形後，以接近銀熔點之溫度進行銀膠之燒結，使銀膠於待測面上形成與待測面密合之銀箔，再將金屬片之非待測面(底面)進行刨光處理及點焊第三、四導線，於銀箔上以銀膠點黏附第一、二導線，該第一、三導線係連接電源供應器之正、負極，而該第二、四導線則連接電壓計之正、負極，由電源供應器輸出固定電流 I ，且升溫至未接近銀熔點之適當溫度，對黏附第一、二導線之銀膠燒結，再調至欲量測溫度，持溫至預定時間，當電壓穩定後讀取電壓值 V ，並拍攝銀箔面積 A ，利用電壓值、固定電流及銀箔面積計算金屬之面積比電阻(Area Specific Resistance, ASR)為 $V/(I/A)$ 。藉此，可於不破壞金屬片之待測面情況下，精準計算出金屬之面積比電阻。專利證號 US7,663,384B2，美國，發明專利。
- (5) **【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(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)之高溫密封材料其高溫密封能力，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，進而可提供 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。專利證號 特許第 4571194 號，日本，發明專利。

專利申請中：7 件

- (1) 【高溫燃料電池熱能管理系統】：申請案號 12/628,218，美國，發明專利。
- (2) 【平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)移送系統】：申請案號 12/647,062，美國，發明專利。
- (3) 【應用於高溫燃料電池之多孔性介質燃燒器】：申請案號 12/720,531，美國，發明專利。
- (4) 【應用於高溫燃料電池之多孔性介質燃燒器】：申請案號 EP10157098.4，歐盟，發明專利。
- (5) 【固態氧化物燃料電池用天然氣重組器之加熱構造】：申請案號 099133234，中華民國，發明專利。
- (6) 【氣流分配盤】：申請案號 099135099，中華民國，發明專利。
- (7) 【易組裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池電池堆結構】：申請案號 099135883，中華民國，發明專利。

固態氧化物燃料電池元件材料技術發展

專利獲得：3 件

- (1) 【高整合固態氧化物燃料電池膜電極組合元件之創新複合增效製作程序與配方】：本發明為以創新材料配方與創新(Novel)程序，製作平板型固態氧化物燃料電池-單元之電極基板，含陽極支撐型(ASC)基板與電解質支撐型(ESC)基板。主要內容包括(一)電極材料組合執行特性分析鑑定及調整，結合溶劑分散劑、塑化劑、造孔劑及結合劑，經由特定與精細成份調製程序製造特殊配方漿體，以運用於刮刀成型製程，製作電極生胚帶。(二)將生胚帶經層合，與真空熱壓精合程序及多段鍛燒/燒結處理，製造出陶瓷電極基板，供 SOFC-MEA 製作使用。本項發明技術，可製作具可控制微結構特性與大小及厚度之高度整合電極基板，並製作高性能/高機械強度之 SOFC 單元電池。專利證號 2045858，歐盟，發明專利。
- (2) 【高整合固態氧化物燃料電池膜電極組合元件之創新複合增效製作程序與配方】：本發明為以創新材料配方與創新(Novel)程序，製作平板型固態氧化物燃料電池-單元之電極基板，含陽極支撐型(ASC)基板與電解質支撐型(ESC)基板。主要內容包括(一)電極材料組合執行特性分析鑑定及調整，結合溶劑分散劑、塑化劑、造孔劑及結合劑，經由特定與精細成份調製程序製造特殊配方漿體，以運用於刮刀成型製程，製作電極生胚帶。(二)將生胚帶經

層合，與真空熱壓精合程序及多段鍛燒/燒結處理，製造出陶瓷電極基板，供 SOFC-MEA 製作使用。本項發明技術，可製作具可控制微結構特性與大小及厚度之高度整合電極基板，並製作高性能/高機械強度之 SOFC 單元電池。專利證號 I326933 號，中華民國，發明專利。

- (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】**：This invention describes the process for fabrication of a high conductivity and low resistance solid oxide fuel cell. An anode substrate is mainly prepared via tape casting technique and modified by abrasion and polish process. Electrolyte is fabricated onto the polished side by thin film technologies and can attach well in the cross section. Grinding surface of anode side about 10-30 μm after finish of MEA combination can get a high conductivity and low resistance unit cell and enhance cell performance effectively. 專利證號 US7,815,843B2，美國，發明專利。

專利申請中：10 件

- (1) **【開放式平板型固態氧化物燃料電池單元檢測裝置】**：申請案號 099135884，中華民國，發明專利。
- (2) **【一種粉體收集化學反應器應用於胺基乙酸-硝酸鹽燃燒法製備奈米或次微米級的精密陶瓷粉體程序】**：申請案號 12/628,216，美國，發明專利。
- (3) **【固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置】**：申請案號 099107308，中華民國，發明專利。
- (4) **【固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置】**：申請案號 12/874,307，美國，發明專利。
- (5) **【固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置】**：申請案號 10175277.2，歐盟，發明專利。
- (6) **【一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池—二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置】**：申請案號 099138558，中華民國，發明專利。
- (7) **【固態氧化物燃料電池及其製作方法】**：申請案號 12/781,376，美國，發明專利。
- (8) **【一種用於固態氧化物燃料電池之雙層陽極-金屬基板結構及其製作方法】**：申請案號 099124323，中華民國，發明專利。
- (9) **【固態氧化物燃料電池之多孔金屬基板結構及其之製作方法】**：申請案號 099124324，中華民國，發明專利。
- (10) **【奈米通道複合薄膜之陽極結構及其大氣電漿噴塗之製造方法】**：申請案號 06024953.9，歐盟，發明專利，補發證照中。

儲氫材料與技術之發展與應用專利申請中：6 件

- (1) 【動態儲氫的裝置及其方法】：申請案號 099136463，中華民國，發明專利。
 - (2) 【一種儲氫材料之載流氣體輔助放氫方法及其裝置】：申請案號 099220842，中華民國，新型專利。
 - (3) 【儲氫結構形成方法】：申請案號 12/911,057，美國，發明專利。
 - (4) 【創建儲氫材料孔洞結構之碎型網絡架構提昇儲氫量之方法】：申請案號 098145270，中華民國，發明專利。
 - (5) 【儲氫結構形成方法】：申請案號 099100417，中華民國，發明專利。
 - (6) 【創建儲氫材料孔洞結構之碎型網絡架構提昇儲氫量之方法】：申請案號 12/605,627，美國，發明專利。
2. 年度內本計畫人員應各界邀請演說共 17 場次，並發表多篇論文，顯示此技術之發展受到重視，成果獲得肯定，詳如下列：
- (1) 4 月 10 日→應台灣科技大學機械系邀請演講“固態氧化物燃料電池”。
 - (2) 4 月 16 日→應輔仁大學物理系邀請專題演講“固態氧化物燃料電池產業化策略”。
 - (3) 5 月 8 日→APCCHE 2010 13th, Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress.
 - (4) 5 月 12 日→應清華大學工科系邀請專題演講“IGFC 邁向永續之淨碳規劃”。
 - (5) 5 月 28 日→參加中華民國陶業研究學會 2010 年會。
 - (6) 6 月 3 日→參加聯合大學舉辦之 2010 先進玻璃材料與技術研討會，受邀演講“玻璃材料與固態氧化物燃料電池(SOFC)之應用”。
 - (7) 6 月 13~18 日→參加 CIMTEC 2010-International Conferences Materials and Technologies-The 5th Forum on New Materials.
 - (8) 6 月 24~25 日→參加第 28 屆台灣區觸媒與反應工程研討會。
 - (9) 7 月 29~31 日→參加第 17 屆會國計算流體力研討會。
 - (10) 8 月 25 日→應原能會核技處邀請專題演講“全球固態氧化物燃料電池研發現況及產業化挑戰”。
 - (11) 8 月 27 日→參加台灣電路板協會 IECO 秋季研討會—掌握綠能科技，受邀演講“全球固態氧化物燃料電池之發展趨勢”。
 - (12) 10 月 5~8 日→參加 2010 台灣化學工程學會 57 週年會暨國科會化學工程學門成果發表會與第 13 屆亞太化工會議。
 - (13) 10 月 24~28 日→參加台灣電力公司/東亞暨西太平洋地區電力事業協會舉辦之第十八屆亞太電協電力產業大會。

- (14) 11月18日→參加大華技術學院舉辦之2010兩岸高溫燃料電池技術研討會。
- (15) 11月19~20日→參加2010年材料年會。
- (16) 11月21~24日→參加台灣大學/成功大學舉辦之 International Conference of Bi₂O₃-based Materials for Energy Application。
- (17) 12月17~18日→參加成大能源科技與策略研究中心舉辦之第五屆全國氫能與燃料電池學術研討會。

三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 20%)

1. 自行發展或與國內廠商合作開發發電系統熱工元件，包括重組器、熱交換器、續燃器，之前向德國採購之續燃器及熱交換器約90萬元，改為自製及國內採購只需30萬元，大幅減少向國外採購費用及降低技術依賴度，且能符合實際需要。
2. 自行開發 MSC-type 用之金屬基板，大幅減少向國外採購費用及降低技術依賴度。
3. 簡化製程及減少 Pt 用量，製作 Pt/AC 試樣，有效發揮降低成本的經濟效益。
4. 與國內 7 所學校簽訂 9 件合作研究計畫，藉由與國內學界之合作，有效整合研發能量，從基礎研究突破研發瓶頸。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 10%)

1. 本所進行相關研發，激發國內學界與產業界對研究與市場動向之興趣，進而形成國內科研之重要議題，有效提升進行相關工作之人數，對增加就業人口有所助益。本年度本計畫共聘用 42 人。
2. SOFC 發電系統可有效抑低 CO₂ 排放，以輸出電力規模 1000 MW/年、發電效率 50% 估計，則全年約較火力電廠可減少 CO₂ 排放量 1.06 × 10⁶ 公噸，有效降低溫室氣體之排放。

五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 10%)

1. 本計畫就 SOFC 相關議題與各學術單位進行合作研究，包括：中央大學機械系、台南大學機械系、清華大學動力機械系、台灣大學材料系、聯合大學材料系。
2. INER 與交大完成簽訂[SOFC-System 相關研究計畫]、[共同合作意願書]。另與台北科技大學合作培育人材，建立電漿噴塗研製 SOFC 關鍵技術，開創電漿噴塗能源應用之產業，提升社會福祉。
3. 與台北科技大學楊永欽教授合作探討電漿噴塗電池膜層熱應力分析，不定期提供 Button Cell 電池試片供其量測及分析。
4. 透過 INER 和 MIT 及 NIST 合作，以 Neutron Scattering 量測高壓下 Pt/AC 試樣的吸氫量與分析吸氫行為，確實說明在靜滯氫氣下，

neutron scattering 的確可以精確量測其 total 和 excess 吸氫量，再配合 SANS 可以評估氫氣以 disk-like 的方式吸附在 AC 孔洞內的 graphene 上。

5. 掌握試樣製作能力及大幅提升吸氫量之儲氫模式。提供試樣及儲氫方法至 Pen. State Univ. 的 Angela Lueking，期望能夠透過驗證，建立未來和美國 DOE 的合作。
6. 協助制訂國內燃料電池相關規範，年度內並協助審查制定包括「機車用燃料電池發電系統性能與安全試驗方法」、與「低壓儲氫裝置安全試驗方法」在內之六項國家標準草案。

柒、本計畫可能產生專利或可移轉之潛力技術說明

一、固態氧化物燃料電池發電系統技術發展

1. 電池片及電池堆電性測試技術。
2. 玻璃陶瓷密封劑配方及生產調配技術。
3. 高溫金屬連接板電阻量測技術。
4. 新型電池堆設計專利。
5. 熱交換器、續燃器及重組器設計專利。

二、固態氧化物燃料電池元件材料技術發展

陶瓷基板支撐型

1. SOFC-MEA 技轉事宜(含分析與製造技術)。
2. SOFC 除具高效率 power generation 功能外，更具解決 CO₂ greenhouse gas 能力。

電漿噴塗金屬支撐型

1. 自製多孔金屬基板技術可應用於高溫用多孔濾材製備技術。
2. 電漿噴塗技術可技轉予生醫材料、抗腐蝕磨耗與高溫絕熱之應用。

三、儲氫材料與技術之發展與應用

1. 製作高儲氫能力之 Pt/AC 試樣的標準製程。
2. 強化擔池觸媒多孔吸氫能力的系統與步驟。
3. 提升氫氣釋放量的儲氫匣設備。

捌、與相關計畫之配合

一、固態氧化物燃料電池發電系統技術發展

與「固態氧化物燃料電池元件材料技術發展」分項計畫配合，其所研製之電池片，由本計畫協助進行單元電池測試及組裝成電池堆進行測試，除驗證電池片效能外，並將測試過程發現之可能劣化因素回饋該計畫研究人員，作為電池片效能改進之參考。

二、固態氧化物燃料電池元件材料技術發展

提供自製電池片，配合發展自製電池堆。

三、儲氫材料與技術之發展與應用

未來隨計畫進度逐步發展成功，可配合綠能社區建構的計畫，展示氫能發電應用於 PEMFC 運輸工具的用途和運作；也可配合能源局舉辦燃料電池示範推廣計畫，參與提供所需要的儲氫罐。

玖、後續工作構想之重點

一、固態氧化物燃料電池發電系統技術發展

1. 進行連接板材料 Crofer22APU、Crofer22H 及 ss441 鍍膜之長期特性研究，重點為發展出利用較廉價之鍍膜材料及披覆方法，於連接板表面形成於高溫環境下具備高導電度且能阻隔鉻揮發之鍍層，且具備長期穩定性，例如使用 LSM、MnCo 氧化物等材料以網印方式披覆。
2. 採用非黏結式封裝材料(如 mica)組裝電池堆，以方便電池堆維修及電池片更換。
3. 以自製金屬支撐型電池片組裝 500 W 電池堆，進行長期效能測試。
4. 進行 2 kW SOFC 發電系統之長期效能驗證。

二、固態氧化物燃料電池元件材料技術發展

1. SOFC-MEA 之 power density 與 durability 之提升，另發展 SOFC-CO₂-Energy-Conversion-Cycle。
2. SOFC-MEA 品質管控與均勻度提升。
3. 加緊配合建立製作自製電池堆的能力，展示自製之成果。

三、儲氫材料與技術之發展與應用

1. 開發逐步增加量化製作的標準程序，並逐步達成提供不同應用功率的儲氫匣所需數量之儲氫材料。
2. 儲氫匣設計、改善與運作，試樣裝填與充氫模式，及不同功率展示系統運作。
3. 藉由觸媒擔持方法的改善或改變 AC 結構，或其他可能之方法，提升儲氫材料之儲放氫速率。
4. 比較重量和體積法量測之差異，探討造成差異之原因並精進量測方法。
5. 試樣保存及除氣及活化對儲氫能力之探討。
6. 儲氫量測結果與驗證，建立並分析可能的儲放氫機制的模式。
7. 量化試樣經歷更多的測試及測試方法與步驟之改善等，以獲得在少量試樣測試時應有的氫氣釋放量。
8. 進一步藉由改進中子散射實驗設施，有關控制氫氣流動模式系統的配套設施，驗證開發的 Pt/AC 儲氫材料的吸氫能力，並進而由氫氣儲存位置之演進，建立最適當的吸氫機制與模式。

壹拾、檢討與展望

一、固態氧化物燃料電池發電系統技術發展

本(99)年度計畫目標為：

1. 精進 2 kW 電池堆組裝測試技術。
 2. SOFC 2 kW 箱型發電系統先期產品長程運轉驗證，產品規格：400 mW/cm²@750°C，衰減率<1%/kh。
 3. 燃料重組器開發與重組觸媒研製。
- 根據以上目標，檢討計畫執行重點為：

1. 除持續精進目前電池堆之組裝技術，如連接板之表面鍍膜處理、電池片電流收集、密封膠施加方式外，亦藉由累積之技術及經驗進行新型電池堆設計，以結構簡單、製程自動化、維修容易、材料成本低廉為目標。
2. 以自製電池片組裝之電池堆與發電系統元件整合，進行發電系統長程運轉驗證。
3. 展望於 2010~2013 年，期能建立 1~10 kW SOFC 熱電共生系統商業化量產技術，供住商分散式發電使用，產品規格為電池片功率密度 600 mW/cm²@700°C，耐用 40,000 小時，衰減率 0.1%/kh，發電效率 40~45%。

二、固態氧化物燃料電池元件材料技術發展

1. SOFC-MEA 之發展因涉及特殊材料與產品可靠度及 durability 問題，故至今整個 SOFC 產業尚未達到成熟化與具備實際商業利益之階段，尚處於研發經費投資時期，因此由國家支援乃屬必要。
2. 致力提升 SOFC-MEA 品質如 high power density 及 durability 以加速產業之成熟度與創造商業利益。
3. SOFC 電池片、電池堆及系統研發應緊密搭配合作，若能與廠家合作，爭取所外經費，當有助於計畫推行。
4. SOFC 除具高效率 power generation 功能外，更具解決 CO₂ greenhouse gas 能力。

三、儲氫材料與技術之發展與應用

在研發過程中發現尚有無法解釋的現象，以及有待深入探討的行為，期待有更多之結果予以澄清解答，並發表在高 Impact factor 的期刊上。

填表人：林金福 聯絡電話：03-4711400 轉 6657 傳真電話：03-4711409

E-mail：kflin@iner.gov.tw

主管簽名：黃慶村

附錄一、佐證資料表

計畫名稱：高溫氫能發電系統與儲氫材料技術發展

【A 學術成就表】

中文題名	第一作者	發表年 (西元年)	文獻類別	引用情形	獲獎情形	論文出處
固態氧化物燃料電池之起機模式模擬分析與控制	余冬帝	2010	a	N	N	18; 機械月刊(2009年3月份); 36卷, 414期, p.84~101
單層石墨: 奈米碳化學在再生能源的應用	曾怡仁	2010	a	N	N	60; 台灣奈米會刊; 21,15~24
Thermal stress and thermo-electrochemical analysis of a planar anode-supported solid oxide fuel cell: Effects of anode porosity 考慮陽極孔隙率之平板型 SOFC 電化學/熱應力分析	江烈光	2010	d	Y1	N	0378-7753, Journal of Power Sources, 195, P.1895~1904
應用重組氣體於 1 kW SOFC 系統之燃燒器燃燒特性研究	黃正男	2010	c	N	N	0378-7753, J Power Sources, 195, P.1454~1462
Effects of Crystallization on the High-Temperature Mechanical Properties of a Glass Sealant for Solid Oxide Fuel Cell 結晶對固態氧化物燃料電池玻璃密封劑高溫機械性質之影響	張秀桃	2010	c	N	N	0378-7753, Journal of Power Sources, 195, 10, P.3159~3165
Numerical investigation into premixed hydrogen combustion within two-stage porous media burner of 1 kW solid oxide fuel cell system 應用於固態氧化物燃料電池之多孔介質續燃器模擬分析	顏子翔	2010	c	N	N	International Journal of Energy and Environment, 1, 4, 589~606
Comparison of Oxidation Behaviors among three Fe-Cr based Alloys for Solid Oxide Fuel Cell Interconnect	程永能	2010	c	N	N	1478-422X, Corrosion Engineering Science and Technology (已接受)
陽極微結構對板式固態氧化物燃料電池性能之影響	黃家明	2010	c	N	N	0378-7753, Journal of Power Sources, 195, 2260~2265
流場分佈對固態氧化物燃料電池性能之影響	黃家明	2010	c	N	N	0378-7753, Journal of Power Sources, 195, 6280~6286
Thermodynamic analysis of hydrogen production from methane via autothermal	陳維新	2010	c	N	N	0360-3199, International Journal of Hydrogen

reforming and partial oxidation followed by water gas shift reaction						Energy, 35, 21, 11787~11797
流道幾何尺寸對質子交換膜燃料電池堆傳輸效應之數值分析	鄭金祥	2010	c	N	N	0378-7753, Journal of Power Sources, 194, 349~359
製作與定性 SOFC-MEA-Ba0.5Sr0.5Co0.8Fe0.2O3- δ -GDC 陰極材料	高維欣	2010	d	Y1	Y	0378-7753, Journal of Power Sources, 195, P.2220~2223
製作與定性 SOFC-MEA-La0.8Sr0.2MnO3- δ -Gadolinia-doped ceria oxide/La0.8Sr0.2MnO3- δ 陰極材料	高維欣	2010	d	Y1	Y	0378-7753, Journal of Power Sources, 195, 19, P.6468~6472
電漿噴塗研製高效能金屬支撐中溫型固態氧化物燃料電池	黃振興	2010	c	N	N	0378-7753, Journal of Power Sources, 196, 4, P.1932~1939. (已接受)
架橋金屬有機骨架材料儲氫量測、合成及其特性分析	王誠佑	2010	c	Y1	N	0925-8388, Journal of Alloys and Compounds, 492, P.88~94
高比表面積金屬有機骨架材料的孔洞網路的結構分析與熱行為	曹正熙	2010	c	N	N	1932-7447, Journal of Physical Chemistry C, 114, P.7014~7020
觸媒大小對於擔持鉑金屬活性碳藉由外溢原理提升吸氫量之影響	曹正熙	2010	c	Y1	N	1948-7185, Journal of Physical Chemistry Letters, 1, P.1060~1063
中子散射量測室溫氫氣儲存量之方法以及擔持鉑金屬活性碳吸氫藉由外溢原理的證據	曹正熙	2010	c	N	N	1948-7185, Journal of Physical Chemistry Letters, 1, P.1569~1573
玻璃陶瓷密封劑應用於固態氧化物燃料電池之高溫封接	劉建國	2010	e	N	N	98 年中國材料科學學會年會(2009.11.26~28)
高溫固態氧化物燃料電池連接板披覆製程研究	楊朋	2010	e	N	N	2009 年中國材料科學學會年會 (2009.11.26~28)
固態氧化物燃料電池多電池堆之實驗與分析	柳輝忠	2010	e	N	N	中國機械工程學會第二十六屆全國學術研討會 (2009.11.20~21)
固態氧化物燃料電池多層電池堆之電熱流/熱應力分析	江烈光	2010	e	N	N	中國機械工程學會第二十六屆全國學術研討會 (2009.11.20~21)
應用於固態氧化物燃料電池之多孔介質續燃器模擬分析	黃正男	2010	e	N	N	中國機械工程學會第二十六屆全國學術研討會 (2009.11.20~21)
SOFC 陶瓷玻璃與金屬連接板介面機械性質分析	田傑文	2010	e	Y1	N	第二十六屆中國機械工程學術研討會 (2009.11.20~21)

固態氧化物燃料電池封裝用玻璃及玻璃陶瓷之高溫機械性質	張秀桃	2010	e	N	N	中國機械工程學會第二十五屆全國學術研討會(2008.11.21~22)
SiO ₂ -B ₂ O ₃ -Al ₂ O ₃ -BaO 玻璃應用為高溫密封劑及其高溫熱穩定性研究	劉建國	2010	e	N	N	中華民國陶業研究學會2010年會暨學術論文發表(2010.05.28)
SOFC 用玻璃陶瓷封裝元件壓鑄製程及模擬	劉建國	2010	e	N	N	中華民國陶業研究學會2010年會暨學術論文發表(2010.05.28)
不銹鋼連接板披覆 La _{0.67} Sr _{0.33} MnO ₃ - δ 保護層製程及特性研究	楊朋	2010	e	N	N	中華民國陶業研究學會2010年會(2010.05.28)
固態氧化物燃料電池多電池堆電熱流特性分析	柳輝忠	2010	e	N	N	第17屆全國計算流體力學研討會(2010.07.29~31)
燃料電池系統的熱管理與熱交換器開發	洪文堂	2010	e	N	N	第四屆全國氫能與燃料電池學術研討會(2009.12.18~19)
添加微量元素以增進固態氧化物燃料電池 Fe-Cr-Mn 連接板的抗氧化性	蔡坤釗	2010	f	N	N	Cimtec 2010 - International Conferences Materials and Technologies- The 5th Forum on New Materials (2010.06.13~18)
以射頻磁控濺鍍法製備 TiN 薄膜及其熱穩定性研究	廖德勛	2010	e	N	N	2010年材料年會2010.11.19~20
藉由固態氧化物燃料電池將甲烷直接氧化和二氧化碳電化學還原來產生電力	王俊修	2010	e	N	N	第28屆台灣區觸媒與反應工程研討會(2010.06.24~25)
陽極支撐型固態氧化物燃料電池陰極複合層之製備及其電化學特性	張揚狀	2010	e	N	N	2010年材料年會，高雄2010-11-19~20
具複合陰極層之固態氧化物燃料電池膜電極組之製備與電性分析	林泰男	2010	e	N	N	中國材料科學學會2010年會2010-11-19~20
Performance and Durability Test of Solid Oxide Fuel Cell	高維欣	2010	e	N	N	2010年材料年會2010-11-19~20
以甘氨酸-硝酸鹽燃燒合成法(GNCP)製備奈米級鈆鈦鈷氧化物(SSC)陶瓷粉體	張仁禎	2010	e	N	N	中國材料科學學會2010年會2010-11-19~20
以甘氨酸-硝酸鹽燃燒合成法 (GNCP) 製備奈米級鈆摻雜氧化鈷 (SDC) 陶瓷粉體	楊榮澤	2010	e	N	N	中國材料科學學會2010年會2010-11-19~20
奈米銀對 LDC/NiO-LDC-LSGM-LDC/LSCF-LSCF 中溫 SOFC 之電性影響	余任豐	2010	e	N	N	中國材料科學學會(2009.11.26~28)
大氣電漿噴塗製備 LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGM/LSCF-LSCF	蔡俊煌	2010	e	N	N	2009 中國材料科學年會(2009.11.26)

中溫固態氧化物燃料電池						
殘留應力對電漿熔射噴塗固態氧化物燃料電池 NiO/LDC 陽極塗層與多孔鎳基材結合強度之影響研究	楊永欽	2010	e	N	N	第四屆全國氫能與燃料電池學術研討會論文集 (2009.12.18)
電漿噴塗功率對 LSCF/LSGM 複合陰極之微結構和電池性能的影響	蔡俊煌	2010	e	N	N	The 4rd National Conference on Hydrogen Energy and Fuel Cell. (2009.12.18)
接觸層對電漿噴塗製備 LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGM/LSCF-LSCF 電池的電性影響	蔡俊煌	2010	e	N	N	2010 年中華民國陶業研究學會年會 (2010.05.28)
以電漿噴塗技術製備高效率與低衰減率之金屬支撐型中溫固態氧化物燃料電池	張鈞量	2010	e	N	N	2010 年中華民國陶業研究學會年會(2010.05.28)
電漿噴塗製備高功率金屬支撐型中溫固態氧化物燃料電池	黃振興	2010	f	N	N	International Symposium on Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications. (2009.11.01~04)
陰極添加奈米銀對電漿噴塗金屬支撐中溫 SOFC 之性能改善	黃振興	2010	f	N	N	International Symposium on Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications. (2009.11.01~04)
活性碳批覆白金之複合材料合成與特性分析以及對於儲氫速率之影響	莊浩宇	2010	f	N	N	Apcche 2010 13th, Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (2010.10.05~08)
Improvement of Hydrogen Discharge Performance in Platinum Supported Activated Carbon by Intermittent Hydrogen Charge	陳建宏	2010	f	N	N	57 屆台灣化工年會暨第 13 屆亞太化工會議 (2010.10.05~08)
Thermal Effect of Pore Structure in High-Surface-Area Metal-Organic Framework	余明昇	2010	f	N	N	「2010 台灣化學工程學會 57 週年年會暨國科會化學工程學門成果發表會」與 [第 13 屆亞太化工會議](2010.10.05~08)
合計			49 篇			

註：文獻類別分成 a 國內一般期刊、b 國內重要期刊、c 國外一般期刊、d 國外重要期刊、e 國內研討會、f 國際研討會、g 著作專書；引用情形分成 Y1 被論文引用、Y2 被專利引用、N 否；獲獎情形分成 Y 有獲獎、N 否；論文出處列出期刊名稱，卷期，頁(如科學發展月刊，409 期，頁 6-15)

【B 研究團隊表】

團隊名稱	團隊所屬機構	團隊性質	成立時間 (西元年)
1. SOFC 電池堆設計及組裝技術開發實驗室	核研所	e	2010.01.01

2. SOFC 發電系統設計及驗證實驗室	核研所	e	2010.01.01
3. 建立 SOFC 材料與元件研製與測試團隊與製作實驗室	核研所	e	2010.01.01
4. 形成 SOFC-MEA 研究中心及實驗室共 2 項，掌控關鍵技術及發展新世代產品潛能	核研所	e	2010.01.01
5. 建置低密度多孔儲氫材料研發實驗室	核研所	e	2010.01.01
合 計		5 隊	

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

【C 培育人才表】

姓名	學歷	機構名稱	指導教授
陳俊宇	b	中央大學機械工程學系	林志光
劉建嘉	a	中央大學機械工程學系	施聖洋
李信宏	b	中央大學機械工程學系	施聖洋
黃武彬	b	清華大學動力機械工程學系	蔣小偉
許智能	a	清華大學動力機械工程學系	蔣小偉
賴銘彬	a	成功大學航空太空工程學系	賴維祥
邱竣郁	b	聯合大學材料科學與工程系	林惠娟
廖德勳	b	聯合大學材料科學與工程系	林惠娟
王文聖	b	台灣大學材料科學與工程系	連雙喜
劉彥廷	b	台灣大學材料科學與工程系	連雙喜
田偉中	a	成功大學機械工程研究所	郭振坤
王琪發	b	台南大學綠色能源科技學系	郭振坤
許仲毅	b	台北科大材料及資源工程系	楊永欽
陳琪玫	b	清華大學化工系	黃大仁
吳貞儀	b	清華大學化工系	黃大仁
合計	15 人		

註：學歷分成 a 博士、b 碩士

【D 研究報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
赴奧地利維也納參加第 216 屆 ECS Meeting 公差報告	劉建國	2010	核研所
SOFC 電池堆結構耐久性研究與壽命評	江烈光	2010	核研所

估			
SOFC 用玻璃陶瓷封裝元件壓鑄製程及模擬	邱竣郁; 許富淵; 林惠娟	2010	核研所
添加稀土元素對固態燃料電池金屬連接板的抗高溫氧化性質及對塗層附著性的影響	王文聖; 連雙喜; 劉彥廷	2010	核研所
最佳化固態氧化物燃料電池堆設計測試及模擬分析	施聖洋	2010	核研所
「赴日本參加 2010 年 Asian SOFC 研討會及參訪日立金屬有限公司」國外公差	林金福	2010	核研所
固態氧化物燃料電池連接板鍍膜特性研究報告	熊惟甲; 劉建國; 楊朋	2010	核研所
2kW SOFC 系統 (INER-I) 測試報告	黃正男; 蔡禹擎; 王宏瑜; 洪文堂; 譚學怡; 羅世坤; 黃維屏; 李堅雄	2010	核研所
2-kW SOFC 發電系統續燃器擺放方式之探討	譚學怡; 洪文堂; 黃正男; 趙裕	2010	核研所
kW 級 SOFC 電池堆技術之研究與開發	李瑞益; 程永能; 李鑽生; 吳思翰; 劉建國; 林弘翔; 李大正	2010	核研所
以旋轉塗佈法製備固態氧化物燃料電池膜電極組(CFL-01)及其電性測試	張揚狀; 李茂傳; 王俊修; 林泰男; 高維欣; 張仁禎; 楊榮澤; 胥耀華; 程世偉	2010	核研所
以甘氨酸-硝酸鹽燃燒合成法(GNCP)製備奈米級鈔鈦鈷氧化物(SSC)陶瓷粉體	張仁禎; 李茂傳; 高維欣; 張揚狀; 林泰男; 王俊修; 楊榮澤	2010	核研所
核能研究所固態氧化物燃料電池膜電極組(LW4)之製備 及其電性測試	林泰男; 李茂傳; 王俊修; 高維欣; 張揚狀; 張仁禎; 楊榮澤; 胥耀華; 程世偉	2010	核研所
製備與評估以 LSM-GDC/LSM 為陰極之陽極支撐型固態氧化物燃料電池之電化學性質	高維欣; 李茂傳; 王俊修; 林泰男; 張揚狀; 張仁禎; 楊榮澤; 胥耀華; 程世偉	2010	核研所
以旋轉塗佈法製備固態氧化物燃料電池膜電極組(CFL-02)及其電性測試	張揚狀; 李茂傳; 王俊修; 林泰男;	2010	核研所

	高維欣; 張仁禎; 楊榮澤; 胥耀華; 程世偉		
以不同進料氣體於固態氧化物燃料電池之特性分析和性能測試	王俊修; 李茂傳; 張揚狀; 林泰男; 高維欣; 張仁禎; 楊榮澤	2010	核研所
固態氧化物燃料電池膜電極組(CFL-04)之製備及其電性測試	張揚狀; 李茂傳; 林泰男; 王俊修; 高維欣; 張仁禎; 楊榮澤; 胥耀華; 程世偉	2010	核研所
以電化學阻抗圖譜分析陽極支撐型固態氧化物燃料電池(SA1 和 SA2)之特性	張揚狀; 李茂傳; 王俊修; 林泰男; 高維欣; 張仁禎; 楊榮澤; 胥耀華; 程世偉	2010	核研所
固態氧化物燃料電池膜電極組(CFL-06)之製備及其電性測試	張揚狀; 李茂傳; 王俊修; 林泰男; 高維欣; 張仁禎; 楊榮澤; 胥耀華; 程世偉	2010	核研所
以甘氨酸-硝酸鹽燃燒合成法製備奈米級鈔摻雜氧化鈷陶瓷粉體	楊榮澤; 李茂傳; 張仁禎; 張揚狀; 林泰男; 高維欣; 王俊修	2010	核研所
電漿噴塗金屬支撐中溫 SOFC 單片電池之機械性能及熱應力分析	楊永欽; 陳育鈞	2010	核研所
以預混合粉末法開發金屬支撐型固態氧化物燃料電池鎳鐵多孔金屬基板	林君孟; 黃振興; 余任豐; 張鈞量; 蔡俊煌	2010	核研所
電漿噴塗過程中熔融顆粒擴展及固化之數值模擬	陳中生	2010	核研所
桿式陰極電漿噴塗槍數理模式之建立與模擬計算	陳中生	2010	核研所
非傳統高效碳基儲氫材料之開發	蔣孝澈; 高憲明; 陳柏同; 許嘉鴻; 丁君強; 楊祖保	2010	核研所
模板結構對活性碳擔持白金室溫儲氫之影響	曾宦雄; 余明昇; 曹正熙; 鍾翠芸; 張華紋	2010	核研所
赴美國麻省理工學院進行奈米儲氫材料之研發與特性行為研究	曹正熙	2010	核研所

活性碳擔持白金(AC-Pt)複合材料之製備與特性分析以及其對於儲氫速率影響之探討	莊浩宇; 曾宦雄; 余明昇	2010	核研所
儲氫匣放氫效能第一期進度報告	陳建宏; 董成祥; 吳秀珠; 鍾翠芸; 余明昇	2010	核研所
建立 Pt / AC 試樣製作之標準製程	曾宦雄; 曹正熙; 鍾翠芸; 莊浩宇; 陳建宏; 張華紋; 李康寧; 曾怡仁; 余明昇	2010	核研所
酸洗條件對活性碳孔洞結構之影響	李康寧; 莊浩宇; 鍾翠芸; 余明昇	2010	核研所
開發高比表面積的 MOF-5 材料的探討	曹正熙; 余明昇; 曾宦雄; 鍾翠芸	2010	核研所
擔持金屬奈米粒子之多孔性材料的 XPS 試樣製備	董成祥; 李康寧; 吳秀珠; 曾惠萍; 曾怡仁	2010	核研所
合 計	33 篇		

【F 製作教材表】

教材名稱	教材類別	發表年度 (西元年)	出版單位
固態氧化物燃料電池研發簡介	a	2007	核能研究所

註：教材類別分成 a 文件式、b 多媒體、c 軟體、d 其他

【G 智財資料表】

專利名稱	專利類別	授予國家	證書號碼	發明人	專利權人	有效(起-迄)期間 (YYYY/MM)
燃料電池燃氣反應控制模擬裝置	a	a	發明第 I319639 號	余冬帝; 邱耀平; 王宏瑜; 李瑞益	核研所	2010/01~2026/07
多層圓管型固態氧化物燃料電池模組	a	b	US7,674,543B2	江烈光; 蔡禹擎; 黃家烈; 黃維屏; 李堅雄	核研所	2006/03~2029/01

燃料電池燃氣反應控制模擬裝置	a	b	US7,698,119B2	余冬帝; 邱耀平; 王宏瑜; 李瑞益	核研所	2006/07~2026/07
固態氧化物燃料電池陽極材料透氣率量測裝置	a	b	US7,694,550B2	洪文堂; 賴振坡; 吳思翰; 王宏瑜; 李瑞益; 李堅雄	核研所	2008/03~2028/03
金屬之面積比電阻量測方法及量測裝置	a	b	US7,663,384B2	熊惟甲	核研所	2007/08~2027/08
SOFC 電池堆高溫測漏裝置	a	d	特許第 4571194 號	雍敦元; 劉建國; 林金福; 吳思翰	核研所	2008/01~2028/01
高整合固態氧化物燃料電池膜電極組合元件之創新複合增效製作程序與配方	a	c	2045858	李茂傳; 高維欣; 林泰男; 張揚狀; 王俊修	核研所	2007/10~2027/10
高整合固態氧化物燃料電池膜電極組合元件之創新複合增效製作程序與配方	a	a	發明第 I326933 號	李茂傳; 高維欣; 林泰男; 張揚狀; 王俊修	核研所	2010/07~2027/07
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	a	b	US7,815,843B2	王俊修; 李茂傳; 林泰男; 張揚狀; 高維欣; 林立夫	核研所	2007/12~2027/12
平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)移送系統	a	b	申請案號 12/647,062	林弘翔; 李瑞益; 程永能	核研所	
高溫燃料電池熱能管理系統	a	b	申請案號 12/628,218	余冬帝; 程永能; 李瑞益	核研所	
應用於高溫燃料電池之多孔性介質燃燒器	a	b	申請案號 12/720,531	蔡禹擎; 顏子翔; 洪文堂; 黃正男; 王宏瑜; 黃維屏; 李堅雄	核研所	

應用於高溫燃料電池之多孔性介質燃燒器	a	c	申請案號 EP10157098.4	蔡禹擎; 顏子翔; 洪文堂; 黃正男; 王宏瑜; 黃維屏; 李堅雄	核研所	
固態氧化物燃料電池用天然氣重組器之加熱構造	a	a	申請案號 099133234	譚學怡; 蔡禹擎; 洪文堂; 黃正男; 林明達; 李堅雄	核研所	
氣流分配盤	a	a	申請案號 099135099	黃正男; 蔡禹擎; 洪文堂; 譚學怡; 林明達; 賴振坡; 李堅雄	核研所	
易組裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池電池堆結構	a	a	申請案號 099135883	林弘翔; 李瑞益; 程永能	核研所	
開放式平板型固態氧化物燃料電池單元檢測裝置	a	a	申請案號 099135884	程世偉; 胥耀華; 彭成昌	核研所	
一種粉體收集化學反應器應用於胺基乙酸-硝酸鹽燃燒法製備奈米或次微米級的精密陶瓷粉體程序	a	b	申請案號 12/628,216	王俊修; 李茂傳; 林泰男; 張揚狀; 高維欣	核研所	
固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置	a	a	申請案號 099107308	李茂傳; 高維欣; 林泰男; 吳思翰; 程永能; 張揚狀; 李瑞益; 王俊修	核研所	
固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置	a	b	申請案號 12/874,307	李茂傳; 高維欣; 林泰男; 吳思翰; 程永能; 張揚狀; 李瑞益; 王俊修	核研所	

固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力測量方法及其量測裝置	a	c	申請案號 10175277.2	李茂傳; 高維欣; 林泰男; 吳思翰; 程永能; 張揚狀; 李瑞益; 王俊修	核研所	
一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池—二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置	a	a	申請案號 099138558	李茂傳; 王俊修; 張揚狀; 高維欣; 林泰男; 張仁禎; 楊榮澤; 李凌嵩	核研所	
固態氧化物燃料電池及其製作方法	a	b	申請案號 12/781,376	黃振興; 蔡俊煌; 孫念祖; 余任豐	核研所	
一種用於固態氧化物燃料電池之雙層陽極-金屬基板結構及其製作方法	a	a	申請案號 099124323	黃振興; 蔡俊煌; 余任豐; 張鈞量; 林君孟; 程世偉	核研所	
固態氧化物燃料電池之多孔金屬基板結構及其之製作方法	a	a	申請案號 099124324	黃振興; 蔡俊煌; 余任豐; 張鈞量; 林君孟; 程世偉	核研所	
奈米通道複合薄膜之陽極結構及其大氣電漿噴塗之製造方法	a	c	申請案號 06024953.9	黃振興; 余家和	核研所	
動態儲氫的裝置及其方法	a	a	申請案號 099136463	董成祥; 余明昇; 吳秀珠; 曾宦雄	核研所	
一種儲氫材料之載流氣體輔助放氫方法及其裝置	b	a	申請案號 099220842	曾宦雄; 董成祥; 余明昇	核研所	
儲氫結構形成方法	a	b	申請案號 12/911,057	曹正熙; 余明昇; 曾怡仁; 吳秀珠;	核研所	

				鍾翠芸; 張華紋; 曾宦雄; 簡俊清		
創建儲氫材料孔洞結構之碎型網絡架構提昇儲氫量之方法	a	a	申請案號 098145270	曹正熙; 余明昇; 曾怡仁; 鍾翠芸; 吳秀珠; 莊浩宇; 陳建宏; 李康寧; 張華紋; 曾宦雄	核研所	
儲氫結構形成方法	a	a	申請案號 099100417	曹正熙; 余明昇; 曾怡仁; 吳秀珠; 鍾翠芸; 張華紋; 曾宦雄; 簡俊清	核研所	
創建儲氫材料孔洞結構之碎型網絡架構提昇儲氫量之方法	a	b	申請案號 12/605,627	曹正熙; 余明昇; 曾怡仁; 鍾翠芸; 吳秀珠; 莊浩宇; 陳建宏; 李康寧; 張華紋; 曾宦雄	核研所	
合 計			取得 9 件 申請中 23 件			

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

【H 技術報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
固態氧化物燃料電池堆金屬連接板面積比電阻量測標準作業程序書 (第 2 版)	熊惟甲; 王宏瑜	2010	核研所
固態氧化物燃料電池(SOFC)封裝用玻璃材料製配標準作業程序書(第 2 版)	劉建國; 李鑽生; 雍敦元; 林金福	2010	核研所

6L 天然氣重組器標準操作程序	廖茂易; 邱進立; 陳清奎; 李繡偉; 趙裕	2010	核研所
SOFC 封裝材料熱循環及恆溫測漏實驗標準操作程序書(第一版)	蔡坤釗; 劉建國; 林京立; 雍敦元; 林金福	2010	核研所
kW 級 SOFC 電池堆組裝與測試標準操作程序書	李大正; 程永能; 吳思翰; 林弘翔; 林京立; 李瑞益; 李堅雄	2010	核研所
SOFC 密封用玻璃片材一體成型壓鑄成形機標準操作程序書	蔡坤釗; 劉建國; 林京立; 林金福; 雍敦元	2010	核研所
建立 Pt/CeO ₂ -Al ₂ O ₃ 觸媒之氫氣程溫還原法於 BELCAT-B 分析儀	廖茂易; 陳清奎; 邱進立; 李繡偉; 趙裕	2010	核研所
SOFC 單元電池之運轉效能測量程序書-第三版	程世偉; 胥耀華; 彭成昌	2010	核研所
金屬支撐型 SOFC 多孔基板之透氣率量測	余任豐; 黃振興; 張鈞量; 蔡俊煌; 林君孟	2010	核研所
儲氫匣放氫測試系統之設計	吳秀珠; 余明昇; 董成祥	2010	核研所
合 計	10 篇		

【I 技術活動表】

技術論文名稱	研討會名稱	性質	舉辦(起-迄)日期 (YYYY/MM/DD)	主/協辦單位
固態氧化物燃料電池	固態氧化物燃料電池	a	2010/04/10	台灣科技大學機械系
固態氧化物燃料電池產業化策略	固態氧化物燃料電池產業化策略	a	2010/04/16	輔仁大學物理系
Synthesis and Characterization of Activated Carbon-Platinum Composites and Effect on Hydrogen Storage Rate	APCCHE 2010 13 th , Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress.	b	2010/05/08	
IGFC 邁向永續之淨碳規劃	IGFC 邁向永續之淨碳規劃	a	2010/05/12	清華大學工科系

1. 接觸層對電漿噴塗製備 LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGM/LSCF-LS CF 電池的電性影響 2. 以電漿噴塗技術製備高效率與低衰減率之金屬支撐型中溫固態氧化物燃料電池	中華民國陶業研究學會 2010 年會	a	2010/05/28	中華民國陶業研究學會
玻璃材料與固態氧化物燃料電池 (SOFC) 之應用	先進玻璃材料與技術研討會	a	2010/06/03	聯合大學
添加微量元素以增進固態氧化物燃料電池 Fe-Cr-Mn 連接板的抗氧化性	CIMTEC 2010-International Conferences Materials and Technologies-The 5 th Forum on New Materials	b	2010/06/13~18	
藉由固態氧化物燃料電池將甲烷直接氧化和二氧化碳電化學還原來產生電力	第 28 屆台灣區觸媒與反應工程研討會。	a	2010/06/24~25	
固態氧化物燃料電池多電池堆電熱流特性分析	第 17 屆會國計算流體力研討會。	a	2010/07/29~31	
全球固態氧化物燃料電池研發現況及產業化挑戰	全球固態氧化物燃料電池研發現況及產業化挑戰	a	2010/08/25	原能會核技處
全球固態氧化物燃料電池之發展趨勢	IECO 秋季研討會—掌握綠能科技	a	2010/08/27	台灣電路板協會
1. Synthesis and Characterization of Activated Carbon-Platinum Composites and Effect on Hydrogen Storage Rate 2. Process Simulation Study of Coal Gasification-Based Multi-Product Plant with Electricity and Chemical Products 3. Improvement of Hydrogen Discharge Performance in Platinum Supported Activated Carbon by Intermittent Hydrogen Charge	2010 台灣化學工程學會 57 週年會暨國科會化學工程學門成果發表會與第 13 屆亞太化工會議	b	2010/10/5~8	APCCHE 2010
以電漿噴塗技術製備金屬支撐型中溫固態氧化物燃料電池	第十八屆亞太電協電力產業大會	b	2010/10/24~28	台灣電力公司/東亞暨西太平洋地區電力事業協會
	2010 兩岸高溫燃料電池技術研討會	b	2010/11/18	大華技術學院
1. 陽極支撐型固態氧化物燃料電池陰極複合層之製備及其電化學特性	中國材料科學學會 2010 年會	a	2010/11/19~20	義守大學

2. 具複合陰極層之固態氧化物燃料電池膜電極組之製備與電性分析 3. Performance and Durability Test of Solid Oxide Fuel Cell 4. 成法(GNCP)製備奈米級鈔鋇鈷氧化物(SSC)陶瓷粉體 5. 成法 (GNCP) 製備奈米級鈔摻雜氧化鈣 (SDC) 陶瓷粉體				
Plasma Sprayed High Performance Metal-supported Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells	International Conference of Bi ₂ O ₃ -based Materials for Energy Application	b	2010/11/21~24	台灣大學/ 成功大學
SOFC BOP 規劃及熱工元件之開發	第五屆全國氫能與燃料電池學術研討會	a	2010/12/17~18	成大能源科技與策略研究中心
合 計	17 場			

註：性質分成 a 國內研討會、b 國際研討會

【K 規範標準表】

名稱	類別	參與性質	應用範圍
SOFC 測試標準作業程序	b	a	d

註：類別分成 a 規範、b 標準、c 法規、d 政策；參與性質分成 a 參與制定、b 共同發表；應用範圍分成 a 機構內、b 國內、c 國際、d 未發表

【O 檢測服務表】

服務名稱	服務對象	服務性質	服務收入(千元)
連接板合金材料電阻量測	c	b	0

註：服務對象分成 a 國內廠商、b 國外廠商、c 其他；服務性質分成 a 輔導諮詢、b 檢測校正、c 訓講習、d 其他

【R 增加就業表】

廠商名稱	廠商統一編號	增加員工人數	增加之年度
核能研究所	02717206	8 人	99 年
國防部	02717206	17 人	99 年

永昇國際開發有限公司	23586692	17 人	99 年
合 計		42 人	

【T 促成產學合作表】

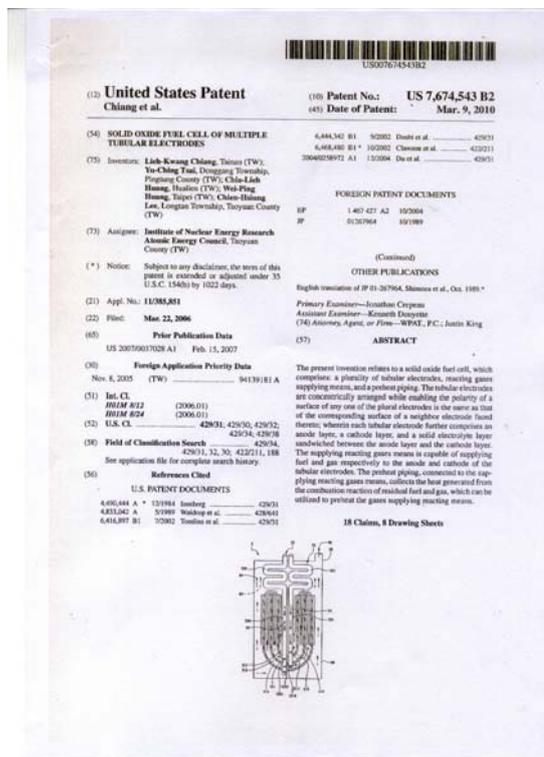
合作廠商名稱	合作計畫或合約名稱	廠商配合款(千元)	合作參與人數	合作有效期間
中央大學	SOFC 電池堆結構耐久性研究與壽命評估(III)(延續計畫)	900	2	99.0.01~99.12.31
中央大學	創新加壓型固態氧化物燃料電池設計測試及模擬分析	900	3	99.0.01~99.12.31
清華大學	20 kW 級微型渦輪發電系統實驗測試及 SOFC/GT 混成系統配置參數分析研究	900	3	99.0.01~99.12.31
成功大學	多孔性燃燒室應用在高溫觸媒燒結之系統可行性研究	850	1	99.0.01~99.12.31
聯合大學	SOFC 玻璃陶瓷封裝元件壓鑄製程之模具與鍍膜材料開發及選用	900	3	99.0.01~99.12.31
台灣大學	高潔淨鐵鉻合金粉末金屬連接器的開發研究	900	3	99.0.01~99.12.31
成功大學 台南大學	固態氧化物燃料電池(SOFC)膜電極組(MEA)特性模擬及數值分析工具之開發	700	3	99.0.01~99.12.31
台北科大	以電漿噴塗技術研製金屬支撐中低溫 SOFC 單片電池	700	2	99.0.01~99.12.31
清華大學	整合金屬支撐兼具燃料催化重整及疏導功能基板型之 SOFC 單片電池之研製(III)	900	3	99.0.01~99.12.31
合 計		7,650 千元	23 人	

附錄二、佐證圖表

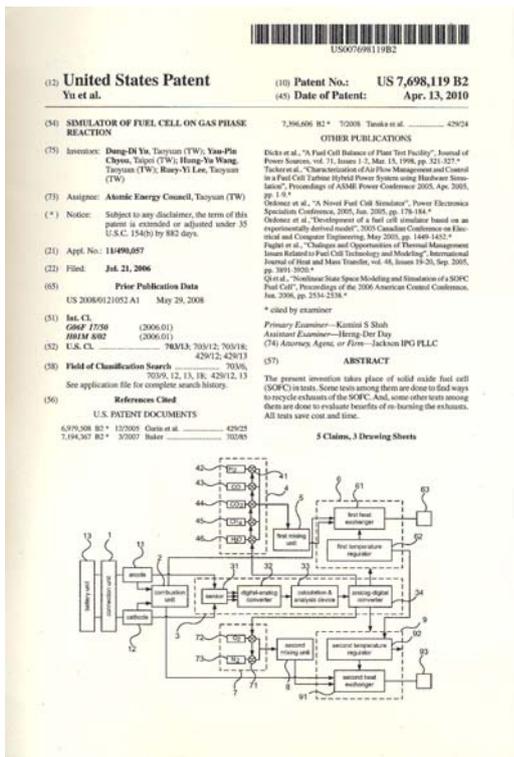
1. 燃料電池燃氣反應控制模擬裝置



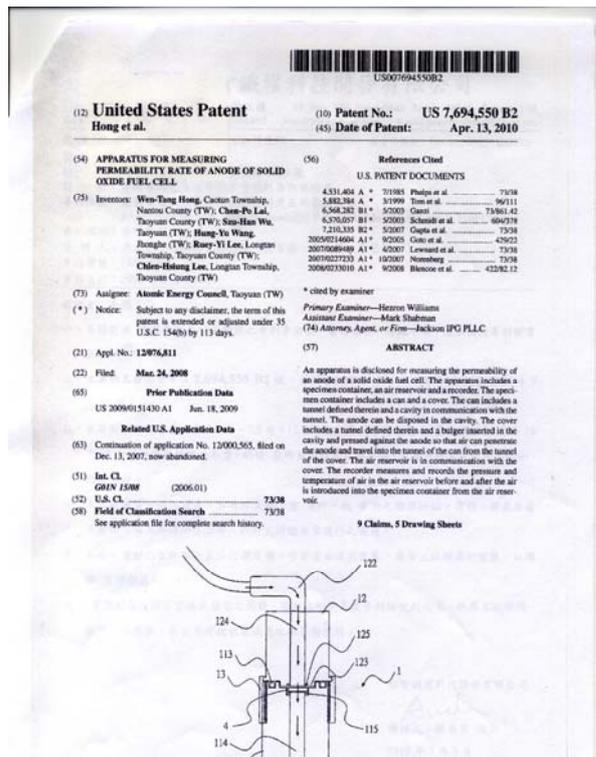
2. 多層圓管型固態氧化物燃料電池模組



3. 燃料電池燃氣反應控制模擬裝置



4. 固態氧化物燃料電池陽極材料透氣率量測裝置



5. 金屬之面積比電阻量測方法及量



US007663384B2

(12) **United States Patent**
Shong

(10) **Patent No.:** US 7,663,384 B2
(45) **Date of Patent:** Feb. 16, 2010

(54) **METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING METALLIC AREA-SPECIFIC RESISTANCE**

(75) **Inventor:** Wei-Ja Shong, Taoyuan County (TW)

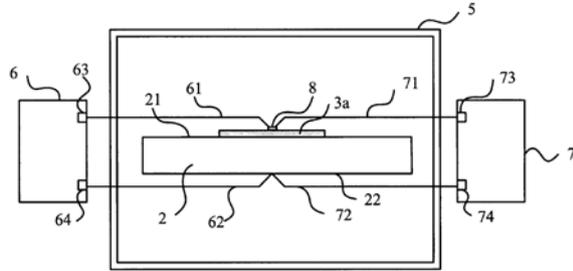
(73) **Assignee:** Atomic Energy Council, Taoyuan (TW)

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 259 days.

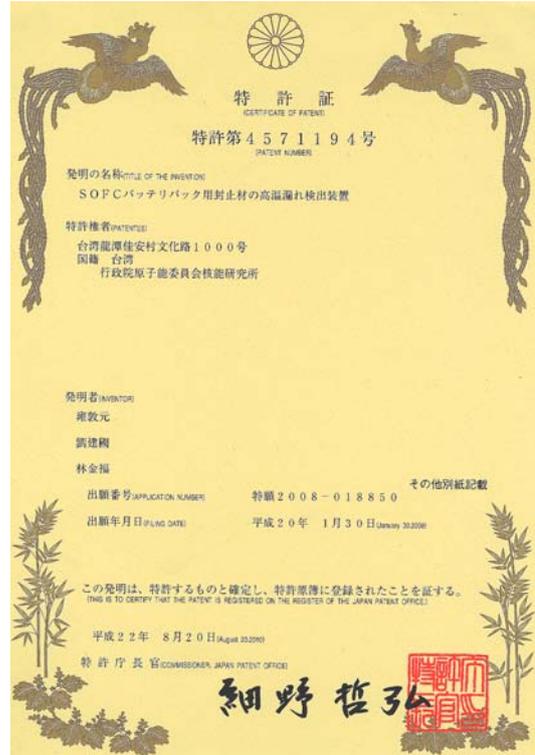
(21) **Appl. No.:** 11/892,411
(22) **Filed:** Aug. 22, 2007
(65) **Prior Publication Data**
US 2009/0051375 A1 Feb. 26, 2009

(51) **Int. Cl.** G01R 27/08 (2006.01)
(52) **U.S. Cl.** 324/722
(58) **Field of Classification Search** 438/11, 14, 17

See application file for complete search history. 10 Claims, 4 Drawing Sheets



6. SOFC 電池堆高溫測漏裝置



特許証
CERTIFICATE OF PATENT

特許第 4 5 7 1 1 9 4 号
PATENT NUMBER

発明の名称/TITLE OF THE INVENTION
SOFC バッテリーパック用封止材の高温漏れ検出装置

特許権者/PATENTEE
台湾龍潭佳安村文化路 1 0 0 0 号
国籍/台湾
行政院原子能委員会核能研究所

発明者/INVENTOR
戴敦元
劉建國
林金福

出願番号/APPLICATION NUMBER: 特願 2 0 0 8 - 0 1 8 8 5 0
出願年月日/FILED DATE: 平成 2 0 年 1 月 3 0 日 (January 30, 2008)

その他別紙記載

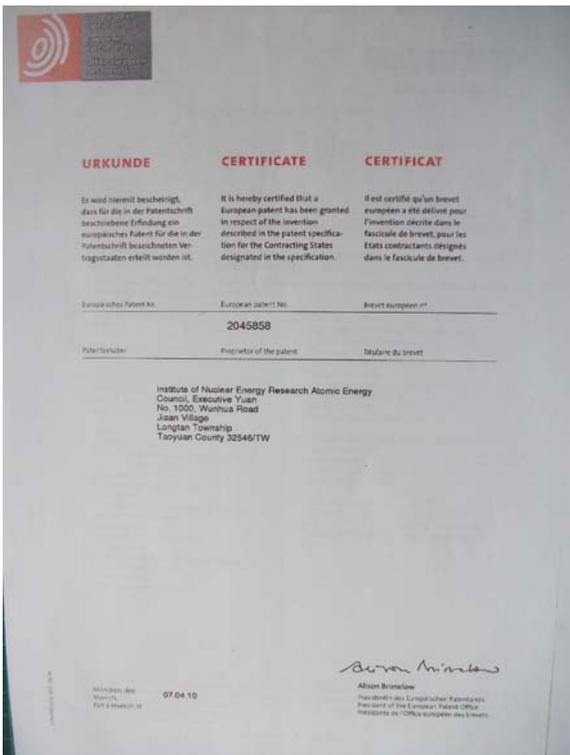
この発明は、特許するものと確定し、特許権者に登録されたことを証する。
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTERS OF THE JAPAN PATENT OFFICE.)

平成 2 2 年 8 月 2 0 日 (August 20, 2010)

特許庁長官/COMMISSIONER, JAPAN PATENT OFFICE

細野哲弘

7. 高整合固態氧化物燃料電池膜電極組合元件之創新複合增效製作程序與配方



URKUNDE CERTIFICATE CERTIFICAT

Es wird hiermit bescheinigt, dass für die in der Patentschrift beschriebene Erfindung ein europäisches Patent für die in der Patentschrift beschriebenen Vertragsstaaten erteilt worden ist.

It is hereby certified that a European patent has been granted in respect of the invention described in the patent specification for the Contracting States designated in the specification.

Il est certifié qu'un brevet européen a été délivré pour l'invention décrite dans le fascicule de brevets, pour les Etats contractants désignés dans le fascicule de brevets.

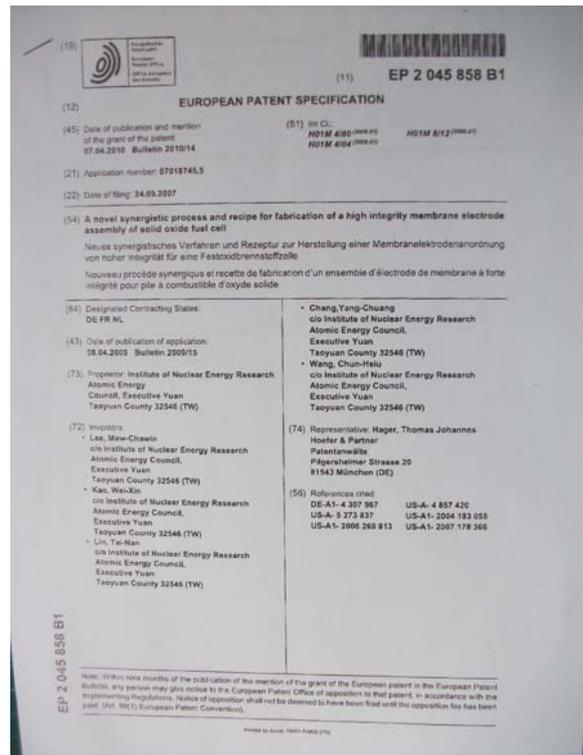
Europäisches Patent No. European patent No. Brevet européen n°
2045858

Patentschrift Proprietor of the patent Titulaire du brevet

Institute of Nuclear Energy Research Atomic Energy Council, Executive Yuan
No. 1009, Wuhsia Road
Jiashan Village
Longtan Township
Taoyuan County 32346/TW

Alban Bromberg
President of the European Patent Office
Head of the Office européen des brevets

München, den 07.04.10
Für & München, DE



EP 2 045 858 B1

EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(45) Date of publication and mention of the grant of the patent: 07.04.2010 Bulletin 2010/14

(51) Int. Cl.: H01M 4/02 (2006.01); H01M 4/04 (2006.01); H01M 8/12 (2006.01)

(21) Application number: 07018745.5

(22) Date of filing: 24.09.2007

(54) A novel synergistic process and recipe for fabrication of a high integrity membrane electrode assembly of solid oxide fuel cell
Neues synergistisches Verfahren und Rezeptur zur Herstellung einer Membranelektrodenanordnung von hoher Integrität für eine Festoxidbrennstoffzelle
Nouveau procédé synergique et recette de fabrication d'un ensemble d'électrode de membrane à forte intégrité pour pile à combustible d'oxyde solide

(84) Designated Contracting States: DE FR NL

(43) Date of publication of application: 08.04.2008 Bulletin 2008/13

(73) Proprietor: Institute of Nuclear Energy Research Atomic Energy Council, Executive Yuan Taoyuan County 32346 (TW)

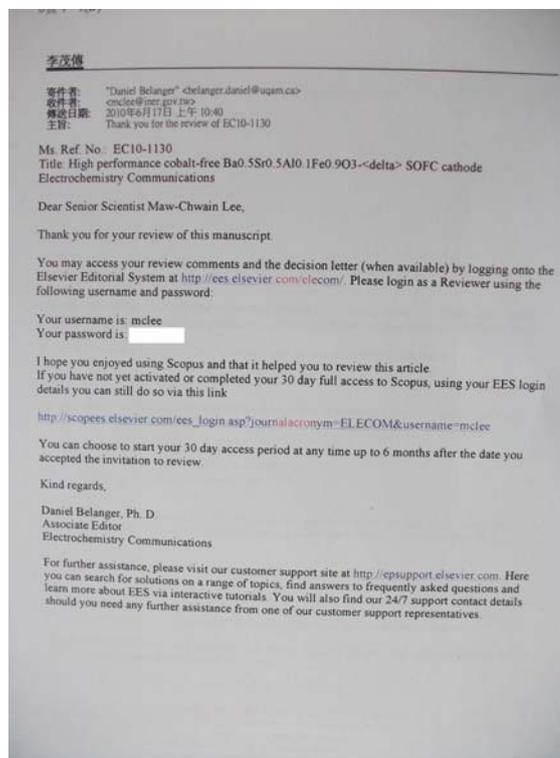
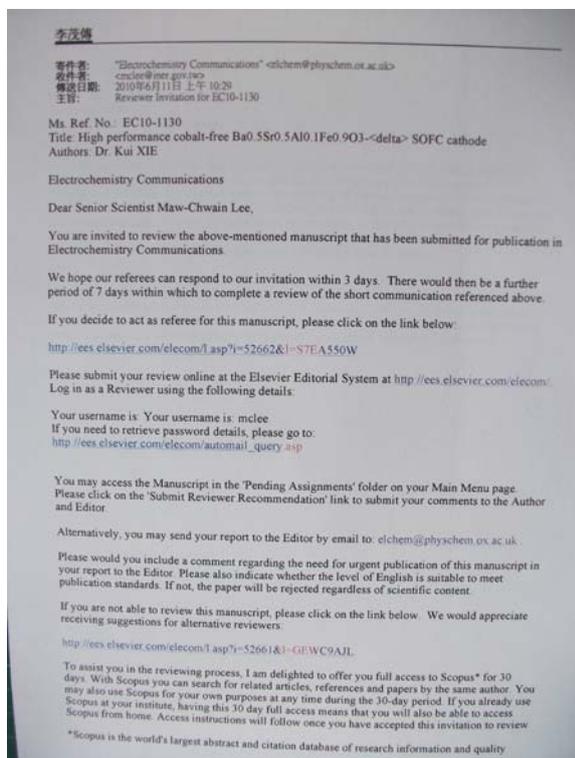
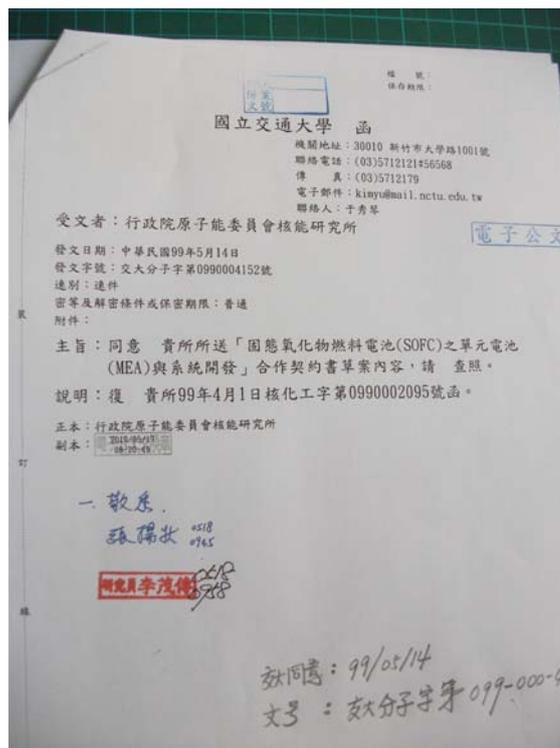
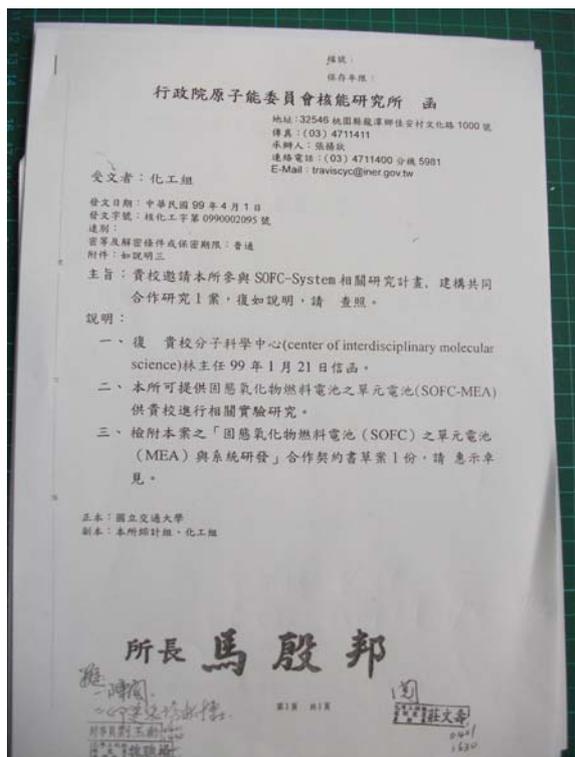
(72) Inventors:
• Leo, Mao-Chuan
c/o Institute of Nuclear Energy Research Atomic Energy Council, Executive Yuan Taoyuan County 32346 (TW)
• Kao, Wei-Xin
c/o Institute of Nuclear Energy Research Atomic Energy Council, Executive Yuan Taoyuan County 32346 (TW)
• Lin, Tai-Man
c/o Institute of Nuclear Energy Research Atomic Energy Council, Executive Yuan Taoyuan County 32346 (TW)

(74) Representative: Hager, Thomas Johannes Hofer & Partner Patentanwälte Pfäfersheimer Strasse 20 81543 München (DE)

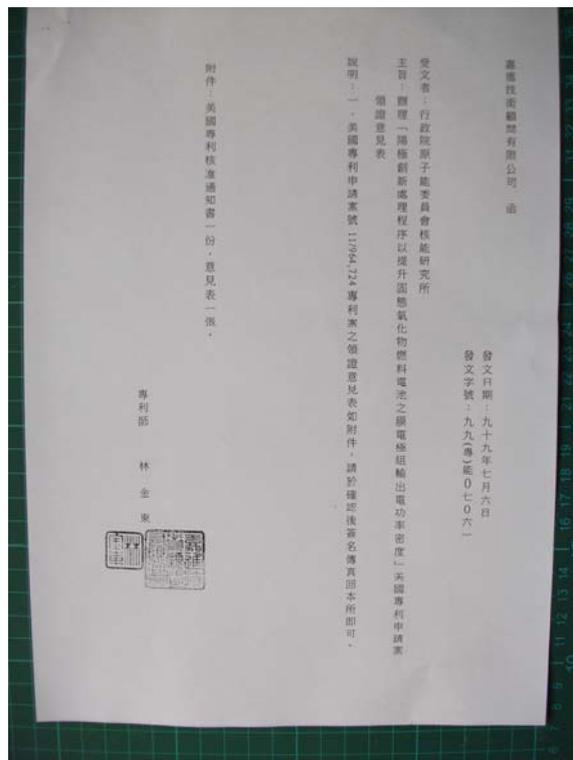
(56) References cited:
DE-A1-4 207 967 US-A-4 957 420
US-A-5 273 837 US-A1-2004 183 055
US-A1-2006 269 813 US-A1-2007 178 366

Note: Within one month of the publication of the mention of the grant of the European patent in the European Patent Bulletin, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to that patent, in accordance with the provisions of Article 99(1) of the European Patent Convention.

Printed by Jouve (10011 PARIS) (2010)



8. 高整合固態氧化物燃料電池膜電極組合元件之創新複合增效製作程序與配方



9. 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

US0001584162

(12) **United States Patent**
Wang et al.

(19) Patent No.: **US 7,815,843 B2**
(45) Date of Patent: **Oct. 19, 2010**

(54) **PROCESS FOR ANODE TREATMENT OF SOLID OXIDE FUEL CELL—MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY TO UPGRADE POWER DENSITY IN PERFORMANCE TEST**

(56) **References Cited**
U.S. PATENT DOCUMENTS
4,881,497 A * 11/1989 Chao et al. 294254
5,545,229 A * 8/1999 Yoko et al. 42931
6,436,583 B1 * 8/2002 Soag et al. 42931
2003/050592 A1 * 10/2003 Hillard et al. 42932
2004/081030 A1 * 4/2005 Sothak et al. 42936
2004/077981 A1 * 8/2004 Nee et al. 1403003
2004/081275 A1 * 8/2004 Finney et al. 42936
2006/0814868 A1 * 1/2006 Boyen et al. 42933
2007/060593 A1 * 5/2007 Yoshimura et al. 42933
2008/0357448 A1 * 5/2008 Yamano et al. 42933

(75) Assignee: **Institute of Nuclear Energy Research**
Hsin Village, Longtan, Taoyuan (TW)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 31 days.

(21) Appl. No.: **11/984,724**

(22) Filed: **Dec. 27, 2007**

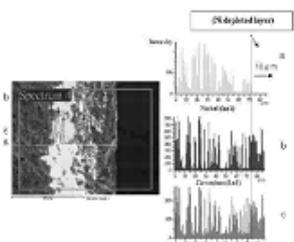
(65) **Prior Publication Data**
US 2009/016697 A1 Jul. 2, 2009

(31) Int. Cl. **B23D 2300** (2006.01)
A61M 48/00 (2006.01)

(52) U.S. Cl. **2004/018**; 254/320; 428/435; 502/100; 502/100

(56) **Field of Classification Search** 264/514; 264/520; 418; 423/402; 502/100
See application file for complete search history.

1 Claim, 4 Drawing Sheets



The Director of the United States Patent and Trademark Office

Has received an application for a patent for a new and useful invention. The title and description of the invention are enclosed. The requirements of law have been complied with, and it has been determined that a patent on the invention shall be granted under the law.

Therefore, I do

United States Patent

Grants to the person(s) having title to this patent the right to exclude others from making, using, offering for sale, or selling the invention throughout the United States of America or importing the invention into the United States of America, and if the invention is a process, of the right to exclude others from using, offering for sale or selling throughout the United States of America, or importing into the United States of America, products made by that process, for the term set forth in 35 U.S.C. 154(a)(2) or (c)(1), subject to the payment of maintenance fees as provided by 35 U.S.C. 41(b). See the Maintenance Fee Notice on the inside of the cover.

David J. Kappas

Director of the United States Patent and Trademark Office

附錄三、99 年度期末審查意見回覆

核能研究所 99 年度科技計畫(期末)成果效益報告審查委員意見及回覆表

計畫名稱：高溫氫能發電系統與儲氫材料技術發展	
審查單位：核能研究所 (A)	
審 查 委 員 意 見	回 覆 說 明
1.P.3 計畫內容中，對電池堆應明列出其尺寸規格，另依系統之衰減率與電池元件規格來看，顯然系統非採用自行發展之電池，建議兩者間應互相搭配。	目前自製或外購之電池片尺寸皆為 10×10 cm ² ，電池堆係配合電池片，大小為 12×20 cm ² ，高度隨堆疊片數改變。採用自行發展之電池片為計畫設定之目標，目前電池堆之研製仍以本所自製及外購電池片雙軌進行測試研究。
2.年度預算管控尚稱良好，至 12.21 止達成率為 90.69%；但人力並非如報告所提無顯著差異，而是完全無差異，若如計劃所述屬實，其管控技術應可提供其他計劃參考。	謝謝委員之提醒，人力資料已作修訂。(如 p.5)
3.P.8 計畫以五片裝電池進行 2 kW 發電系統測試，不知五片裝與 2 kW 關係如何？是否 2 kW 亦可用如 10 kW 等來敘述，如此計劃進度又如何去認定？嚴重落後或符合？	因 2 kW 系統進行長期測試將消耗大量燃料，先以五片裝電池堆進行長期測試，待驗證通過後再評估進行 2 kW 系統測試方式；如此之實施步驟除減少實驗之花費支出外，更能確保未來系統之可靠度。就電池堆的組裝技術而言，五片裝與 kW 級數電池堆是相同的，僅堆疊數不同；當然系統之供氣控制等有很大之差異，絕對不能等同視之。計畫目前專注於電池堆可靠度提昇之研究，在進度上稍有落後，後續將組裝 kW 級電池堆，並完成系統建置，以達設定之目標。
4.P.9 儲氫重量密度達 9 wt%，達到國際水準，相當不容易。建議測試方法等，應與國際相互比對確認，以獲得更可靠數據。	吸氫數據的確認，為計畫持續努力的重點，目前國際間很難找到相同儀器，以及可以控制相同氫氣流動模式的機構執行。Pen State Univ.雖有控制

	<p>氫氣流動方式的 TGA，但其可以執行的氫氣壓力較小，我們仍然在合作進行中。此外，我們自己在儲氫罐氫氣釋放測試中，在以最便宜活性碳製作的 Pt/AC 約 80 g 試樣裝填下，目前粗估試樣氫氣總釋放量約為 1.5~1.7wt% 之間，若以 TGA 量測顯示靜滯下氫氣釋放量，約為吸氫值的 60%，推測現階段儲氫罐中試樣最佳吸氫值約為 2.5~2.8wt%。</p>
<p>5.計畫成果與重大突破表現，無論在學術成就與技術創新等不錯績效，但在經濟效益與社會影響方面仍須積極努力。</p>	<p>謝謝委員之意見，在目前國際上尚未商業化的現況下，計畫在經濟效益及社會影響兩方面表現不顯著，實限於技術之困難度及前瞻性。未來經濟效益面將持續朝開發低成本系統方向努力；社會影響面將藉由委託計畫方式與學界密切配合；並嘗試與研發過程接觸之廠商發展初步合作關係。</p> <p>同時已陳報“SOFC-MEA (ASC-Type) 技轉案”於網路公佈中，另有多家廠商正洽商技轉相關內涵。而提升 MSC 性能、自製能量及能力亦為積極努力的目標。</p> <p>儲氫材料方面，依計畫歷程的規劃，目前還在着重試樣量化製作，以及儲氫匣與儲氫罐放氫測試與驗證，目前還談不上有商用價值，但年度內建立的標準製程，使價格 NT\$ 800,000/kg 的活性碳，到 NT\$ 60/kg 的活性碳，所製作的 Pt/AC 試樣，TGA 量測都顯示吸氫值可以達到 9wt%，以經濟效益而言，應是一大突破。</p>

6. 在主要成就及成果之價值與貢獻度，報告中以本計畫為第一年執行，故無主要成就及成果之價值與貢獻度，如此寫法有欠妥當，建議以延續計畫方式補足其內容。	已依委員意見修訂。(如 p.20~34)
--	----------------------

核能研究所 99 年度科技計畫(期末)成果效益報告審查委員意見及回覆表

計畫名稱：高溫氫能發電系統與儲氫材料技術發展	
審查單位：核能研究所 (B)	
審 查 委 員 意 見	回 覆 說 明
1.在學術成就上，SOFC 99 年度 KPI 成績，符合年度預期目標。	敬悉。
2.建議提升 SOFC 之 MEA 品質，如材料之 Durability 與 Power Density，建立本所關鍵術，以加速產業化與商業化，提供技術可讓產業界技轉。	相關議題一直為計畫之重點，將持續精進以達技轉之目標，目前致力於 SOFC-MEA 先進材料和元件之製作儀具之提升與增建，已於 2011 年採購 10K psi Laminator，屆時 INER-SOFC-MEA 之 Power density 與 Durability 將可提升。
3.建議系統整合 BOP， Stack 相關技術，提供 Demonstration Unit，展出於全國各重要展覽。	謝謝委員之意見，Demo 誠為技術成果展示之重要手段，將盡力達成，而系統運轉需提供氣體燃料及高溫爐，現場動態展示不易，如作靜態展示較為可能，待產品成熟時，將努力推出。