

行政院原子能委員會 100 年度
政府科技計畫(期末)成果效益報告
(100.1.1 ~ 100.12.31)

計畫名稱：高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用

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 100 年 01 月 01 日至 100 年 12 月 31 日 止

執行單位：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
四、計畫執行情形及績效成果	4
(一)工作進度—本年度預期目標及達成情形	4
(二)計畫工作項目實施步驟或研究方法	11
肆、計畫經費與人力執行情形	13
一、計畫經費執行情形	13
(一)計畫結構與經費	13
(二)經資門經費表	13
二、計畫人力運用情形	14
(一)計畫人力(人年)	14
(二)主要人力投入情形(副研究員級以上)	15
伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含量化成果output)	16
一、本計畫主要成果及重大突破	16
二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破	20
陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)	22
一、學術成就(科技基礎研究) (權重 30%)	22
二、技術創新(科技整合創新) (權重 30%)	30
三、經濟效益(產業經濟發展) (權重 20%)	38
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續) (權重 10%)	40
五、其它效益(科技政策管理及其它) (權重 10%)	40
柒、與相關計畫之配合	41
捌、後續工作構想之重點	41
玖、檢討與展望	43
附錄一、佐證資料表	44

附錄二、佐證圖表 (100 年度期末工作成果說明).....	61
附錄三、100 年度期中審查意見回覆辦理情形.....	63
附錄四、100 年度期末審查意見回覆.....	67

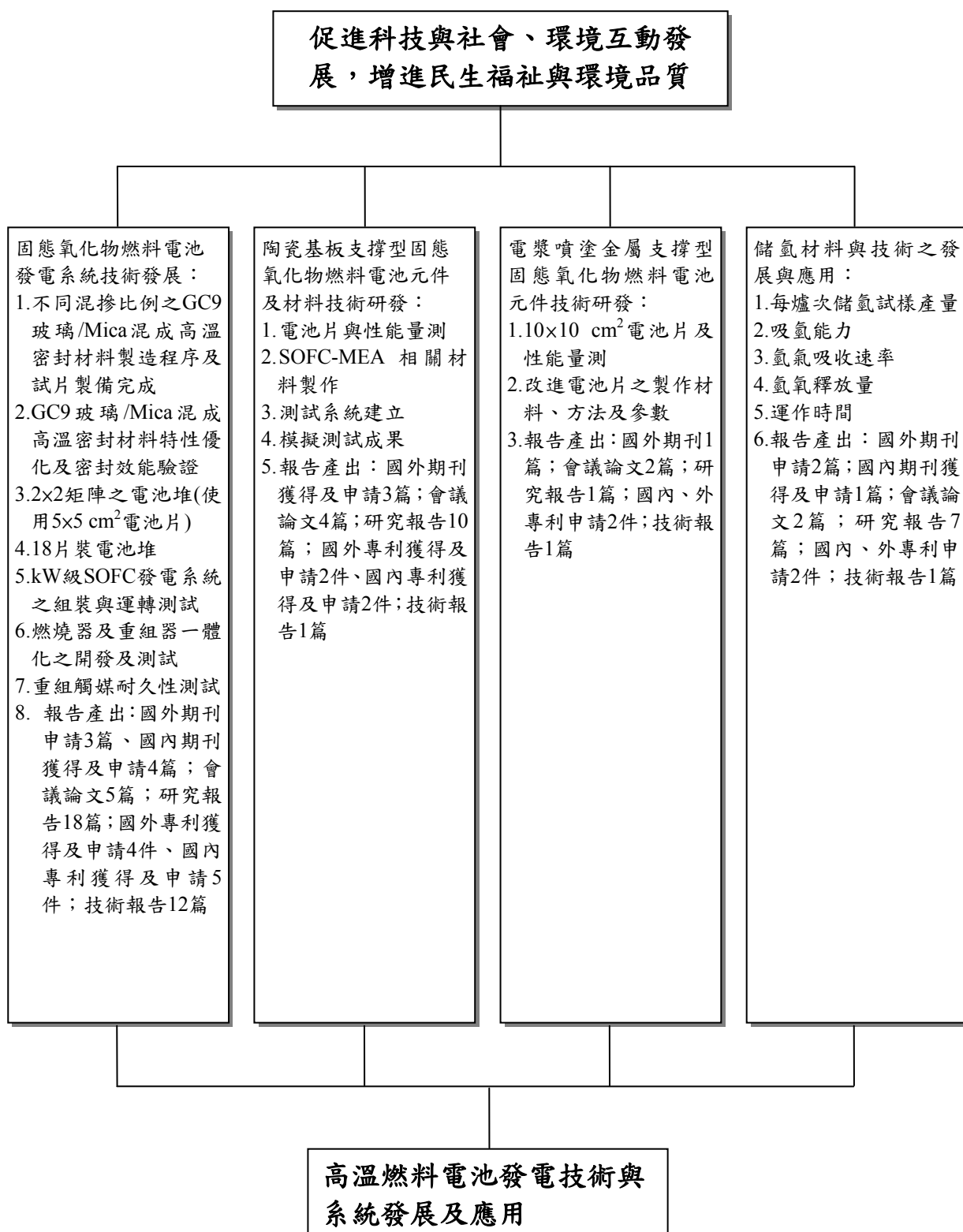
第二部分：政府科技計畫成果效益報告

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）



貳、基本資料

計畫名稱：高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用

主持人：李瑞益

審議編號：100-2001-02-癸-07

計畫期間(全程)：99年01月01日至102年12月31日

年度經費：77,366千元 全程經費規劃：340,521千元

執行單位：核能研究所

參、計畫目的、計畫架構與主要內容

(請依原綱要/細部計畫書上所列計畫目的、架構、主要內容填寫)

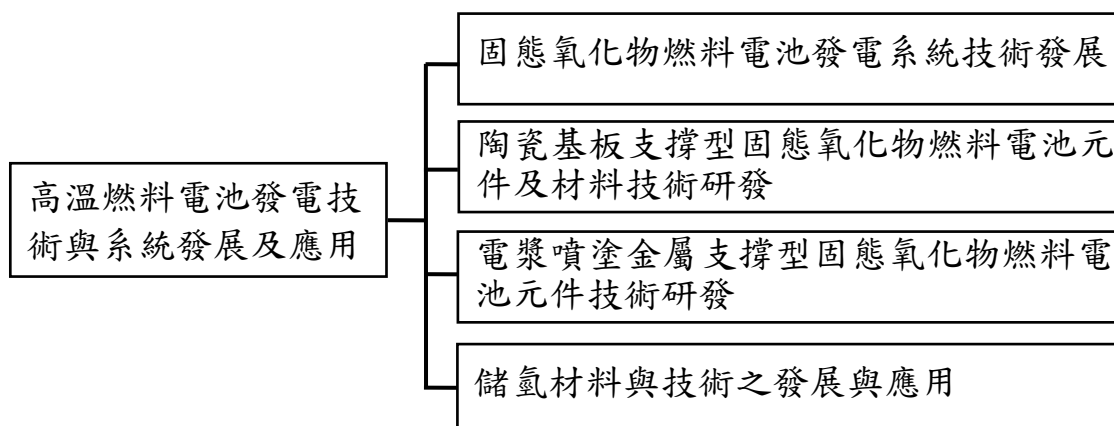
一、計畫目的與預期成效

本所投入環境能源科技研發，致力於高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用之總目標，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級電池堆及1~10 kW分散式發電系統，發電效率40%以上，衰減率0.7%/khr之商業化量產技術；並研發SOFC發電系統，掌握放大至MW級之關鍵技術。
- (二) 發展陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料之製造技術，其電池元件之最大功率密度為400~600 mW/cm²@750°C，耐久性達2,000小時，衰減率<1%/kh。
- (三) 發展電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件之製造技術，其功率密度達350~600 mW/cm²@700°C，衰減率<1%/kh。
- (四) 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7~7.5 wt%及60~65 kgH₂/m³。

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

本年度計畫為本分支計畫之第二年計畫，以下就本年度之發展重點條列如下：

固態氧化物燃料電池發電系統技術發展

1. 研製低熔點之 SOFC 玻璃陶瓷或混成密封材料與製程技術。
2. 設計最佳化 2 kW 之 SOFC 電池堆組合。
3. 進行 1~5 kW SOFC 發電系統之組裝與運轉，產品規格：發電效率 40%，衰減率 1.2%/kh。
4. 開發 1~5 kW SOFC 發電系統熱工元件之自製能量。
5. 完成 1~5 kW 燃料重組器開發與測試。
6. 複合金屬重組觸媒開發，1,000 小時耐久性測試後之天然氣觸媒轉化率 95%以上。

陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發

1. 製作 SOFC-MEA，衰減率 < 2%/kh，功率密度 400~600 mW/cm² (800 °C)。
2. 研製 SOFC-MEA 相關材料供研發使用。
3. 建立以甲烷(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。

電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件技術研發

1. 研製 MSC-Type SOFC-MEA，衰減率 < 6%/kh，功率密度 300~500 mW/cm² (750°C)。

2. 電漿噴塗電池製程參數之精進及最佳化、電池片設計及量測之精進。

儲氫材料與技術之發展與應用

1. 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. 精進製備程序，使量產材料之儲氫重量密度達 6.5~7.0wt% (2.16~2.33 kWh/kg)。
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 50~55 kg/m³ (1.67~1.83 kWh/l)。
4. 提昇儲氫材料吸氫速率至 30~40 µg/min g。
5. 提昇約 10 g 裝的儲氫匣，其總氫氣釋放量達 4wt%。
6. 藉由 100~150 W 儲氫系統之運作經驗，精進組件及系統之控制參數，展示 150~200 W PEM 系統運作 25 分鐘。

四、計畫執行情形及績效成果

(一)工作進度—本年度預期目標及達成情形

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：

100 年度成果		
固態氧化物燃料電池發電系統技術發展		
年度預期目標 (查核點)	達成情形	差異分析
研製低熔點之 SOFC 玻璃陶瓷或混成密封材料與製程技術	(1) 完成雲母/GC9 玻璃混成密封材料研製，以不同質量比例的雲母和 GC9 玻璃粉末混摻後進行燒結及結晶化。 (2) 量測不同雲母含量比例之雲母/GC9 玻璃燒結試片的熱膨脹曲線，藉由不同雲母含量的摻加，可以調整熱膨脹係數。 (3) 量測不同雲母含量比例之雲母/GC9 玻璃燒結試片黏度、形變隨溫度變化情形，其高溫黏度變化隨雲母含量增加而增加，最大形變則隨雲母含量增加而減少。 (4) 完成不同雲母含量比例之雲母/GC9 玻璃燒結試片 Ring-on-ring 常溫破斷強度量測，其值隨 Mica 添加比例減少而增加，試樣之延性則隨之降低。	符合目標
設計最佳化 2 kW 之 SOFC 電池堆組合	(1) 進行同向流電池堆測試，結果為 OCV=1.146 V，0.7 V時功率密度為 379 mW/cm ² ，與分析之預期結果一致。	符合目標

	(2) 進行 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 電池片之 2×2 陣列式電池堆組件及測試爐設計與製作，已完成連接板和框架之加工及高溫爐底板加工。 (3) 完成三組 InDEC-ASC3 電池片之 18 片電池堆組裝，三者性能相當，於 800°C 下 14.4 V 時(平均每片 0.8 V)，其輸出功率約 530 W (268 mW/cm^2)。	
進行 1~5 kW SOFC 發電系統之組裝與運轉，產品規格：發電效率 40%，衰減率 1.2%/kh	(1) 完成 SOFC 發電系統之組裝，進行系統控制程式及整體功能測試，完成 1 kW SOFC 電池堆之系統升溫測試並進行跨夜運轉之自動控制測試，已符合初步需求。 (2) 完成 SOFC 發電系統自持發電測試，於爐溫 780°C，甲烷、空氣及水分別為 3.99、3.15 lpm 及 5.49 cc/min 及陰極 38 lpm 空氣流量條件下，電池堆電壓 27.2 V (0.755 V/cell)，電流 28 A，電功率輸出 762 W。此一雛型展示系統，為本所及國內首次完成之熱能自持 SOFC 發電系統，使用天然氣做為燃料。	符合目標
開發 1~5 kW SOFC 發電系統熱工元件之自製能量	完成燃燒重組器一體化設計與製作。燃燒器經由內部以對流、傳導及輻射直接提供重組反應所需熱量，有效減少熱散失並能提升系統之整體效率。	符合目標
完成 1~5 kW 燃料重組器開發與測試	經測試燃燒區最高溫度與燃料重組區入口之溫度梯度僅 25°C ，較以往溫差約 110°C 改善許多，同時解決局部溫度過高之問題。	符合目標
複合金屬重組觸媒開發，1000 小時耐久性測試後之天然氣觸媒轉化率 95%以上	分析 SOFC 天然氣重組系統使用 100 小時後之重組觸媒，初步結果顯示觸媒性能良好，天然氣轉化率 95% 以上，証明自製奈米天然氣重組觸媒($\text{Pt/CeO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$)可抵抗 800°C 數十次熱循環的嚴苛操作條件。	符合目標
年度目標 A. 國外期刊申請：3 篇 B. 國內期刊獲得及申請：4 篇 C. 會議論文：5 篇 D. 研究/技術報告：30 篇 E. 國內、外專利獲得及申請 9 件	年度達成 A. 國外期刊：13 篇(含獲得 5 篇、申請中 8 篇) B. 國內期刊：2 篇 C. 國內外會議論文：15 篇 D. 研究/技術報告：25 篇 E. 專利申請 26 件 (含獲得 12 件、申請中 14 件)	符合目標
查核點		
GC9 玻璃/Mica 混摻試片製備完成	分別完成製配 GC9 玻璃粉末及金雲母(Mica)粉末，粉末粒徑 $\leq 45 \mu\text{m}$ ，並完成 Mica/GC9 混摻試片(混摻重量比例 1:4, 1:9, 1:19)之製備。	符合目標

完成同向流電池堆測試	完成InDEC電池片之同向流電池堆測試，其OCV為 1.146 V且於電壓 0.7 V時功率密度為 379 mW/cm ² ，相對於逆向流之 1.163 V及 382 mW/cm ² ，兩者測試結果相近。	符合目標
重組觸媒耐久性測試	完成奈米重組觸媒(2%Pt14%CeO ₂ /Al ₂ O ₃)一批約 100 g，編號Catalyst-6，進行耐久性測試。	符合目標
kW 級 SOFC 發電系統功率輸出達 1 kW	以 5 片裝電池堆進行 kW 級發電系統驗證測試，800°C 電流 32A 時輸出功率為 120 W，驗證 BOP 規劃、熱工元件之設計及控制邏輯能符合系統原始設計需求，即增加電池堆中電池片至適當數量即可達輸出功率 1 kW。	符合目標
陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發		
製作 SOFC-MEA，衰減率 <2%/kh，功率密度 400~600 mW/cm ² (800°C)	(1) 完成 NiO+YSZ YSZ GDC+SSC/SSC unit cell。(button cell $\Phi=2.5$ cm與 4×4 cm²)製作與測試。 (2) 完成 NiO+GDC GDC GDC+SSC/SSC unit cell & NiO+SDC SDC SDC+SSC/SSC unit cell製作 (button cell $\Phi=2.5$ cm與 4×4 cm²) 與測試。 (3) LW5(NiO+YSZ//YSZ//SDC+BSSC) 經 cell Performance 測試其 $P_{\max}=652.0$ mW/cm² (at 800°C)，經 1,400 hrs測試，其degradation rate約小於 1.0%/kh。	符合目標
研製 SOFC-MEA 相關材料供研發使用	(1) 製作奈米級 composite cathode 材料含 GDC/SDC/SSC 供製備 SOFC-MEA 使用，完成相關性能鑑定。 (2) 製作 IT-SOFC-MEA 之 gas-tight GDC/SDC Electrolyte 成功用於 LT-SOFC 與 IT-SOFC 之 MEA 製作，並成功完成測試鑑定，成果已完成 SCI 之發表編著工作。 (3) 完成研製 PC-FC (P-SOFC)-MEA 相關電池元件奈米級材料 BSAF/BYCZ/BSSC 並小型生產 BYCZ 100 g 提供中央大學“先進 SOFC 質子傳輸膜性能規範及驗證”計畫使用。	符合目標
建立以甲烷(CH ₄)為燃料之測試方法	(1) 建立seal-type cell test station之housing 安裝中。(10×10 cm²)。另 button cell system ($\Phi=2.5$ cm)測試中，建構Micro-GC供On-line反應生成物之定量與定性分析使用。 (2) 執行 unit-cell(含以 CH₄ 為進料)之 performance tests，其結果完成報告，另	符合目標

	建構水氣供應系統。其中INER(ASC)二代 MEA 之 RJC 之 $P_{\max}=629.48 \text{ mW/cm}^2(700^\circ\text{C})/607.68 \text{ mW/cm}^2(650^\circ\text{C})$ 已超越計畫目標，成果並完成SCI之發表工作。 (3) 完成建構SOFC-CO₂-ECC程序設備，正進行系統測試。又Advanced equipments (10 K psi Laminator) for Fabrication of high quality SOFC-MEA 已完成安裝/Test與 驗收，小型量產測試。	
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	在電池單元模擬工作部份，進行流場設計相關工作；結果顯示，新設計之陽極側流場在 750°C 操作電壓為 0.7 V 時($5 \times 5 \text{ cm}^2$ MSC電池片(實際反應面積為 16 cm^2))，電池堆操作電流為 450 mA/cm^2 ，較原設計流場高 5%，已修改流場設計，可提供更好之電池性能輸出。	符合目標
年度目標 A.國外期刊獲得及申請：3 篇 B.國內外會議論文：4 篇 C.研究/技術報告：11 篇 D.國內、外專利獲得及申請 4 件	年度達成 A.國外期刊 5 篇 (含獲得 3 篇、申請中 2 篇) B.國內外會議論文：5 篇 C.研究/技術報告：13 篇 D.專利申請 6 件 (含獲得 3 件、申請中 3 件)	符合目標
查核點		
部分製備粉料展示與應用	執行奈米級 Proton Conducting SOFC-MEA 之相關材料 BYCZ/BSSC/BSAF 研製並小型生產 BYCZ 100 g 將供 National 中央大學研發使用。	符合目標
主要材料研製使用	完成奈米級 SOFC-MEA 材料 GDC/SDC/SSC，並實際應用於 MEA 之製作並作測試性能。	符合目標
10x10 cm ² SOFC-MEA產品完成部份製作	INER-SOFC-MEA-ASC-Type 第一代完成部份製作；第二代產品則以 $4 \times 4 \text{ cm}^2$ 作初試驗證成功。屬 LT~IT-SOFC-MEA，其 $P_{\max}$ 已超越計畫目標，而 Durability 則尚需測試與改進。	符合目標
simulation 相關 input variables 完成收集	在電池單元模擬工作部份，本季進行流場設計相關工作；結果顯示，新設計之陽極側流場在 750°C 操作電壓為 0.7 V 時($5 \times 5 \text{ cm}^2$ MSC電池片(實際反應面積為 16 cm^2))，電池堆操作電流 450 mA/cm^2 ，較原設計流場高 5%，未來將持續修改流場設計，以提供更好之電池性能輸出。	符合目標
完成材料製作與製作 MEA	完成奈米級 SOFC-MEA 材料 GDC/SDC/SSC 之相關性能鑑定，並應用於 MEA 之	符合目標

	製作、測試。100 g BYCZ，供中央大學研發使用。	
cell performance 測試	MEA-ASC-Type 經 測 試 其 $P_{\max}=603.2 \text{ mW/cm}^2$ (at 800°C) 已超越計畫目標，經 1400 hrs 測試其 degradation rate 小於 1.0%/khr，顯示其優越性。	符合目標
cell test housing 使用於 cell testing 測試	進行SOFC-CO ₂ -ECC測試。建構Micro-GC 供On-line反應物之定量/性分析。二代MEA $P_{\max}=629.48 \text{ mW/cm}^2$ (700°C)/ 607.68 mW/cm^2 (650°C)，已超越計畫總目標。	符合目標
完成 INER SOFC-MEA 模擬測試	進行流場設計相關工作；結果顯示，新設計之陽極側流場在 750°C 操作電壓為 0.7 V 時($5 \times 5 \text{ cm}^2$ MSC電池片，實際反應面積為 16 cm^2)，電池堆操作電流為 450 mA/cm^2 ，已修改流場設計。	符合目標
完成年度工作，報告撰寫/成果提報	年度 KPI 達成度，超越計畫目標。	符合目標
電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件技術研發		
研 製 MSC-Type SOFC-MEA，衰減率 <6%/kh，功率密度 300~500 mW/cm^2 (750°C)	完成 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 電漿噴塗 MSC 電池片製作，得 OCV > 1 V 之氣密電解質層；陰極改進型電池片最大功率密度在陽極端氫氣 closed end 及陽極端氫氣非 closed end 環境下分別有 650 mW/cm^2 (750°C) 及 551 mW/cm^2 (750°C)；在 750°C 測得衰減率小於 <6%/kh。	符合目標
電漿噴塗電池製程參數之精進、最佳化、電池片設計及量測之精進	完 成 Ni/Fe-LSCM-LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGMC-SDC-SDC/SSC(50:50)-SSC 及陰極改進型之 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ Ni/Fe-LSCM-LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGMC-SDC-SDC/SSC(50:50)-SDC/SSC (25:75) $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 電池片製作，在 700°C 分別測得最大功率密度 540 mW/cm^2 (0.7 V)。另 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 單片電池片在陽極端氫氣 closed end 環境及 400 mA/cm^2 (700°C) 電流負載下，經約 1800 小時長時測試，衰減率小於 1%/kh。而 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ single cell stack 在 400 mA/cm^2 (700°C) 電流負載下，經約 1800 小時長時測試，衰減率~1%/kh。	符合目標
年度目標 A. 國外期刊獲得及申請：1 篇 B. 國內外會議論文：2 篇 C. 研究/技術報告：2 篇 D. 國內、外專利申請 2 件	年度達成 A. 國外期刊 4 篇 (含已接受 1 篇) B. 國內外會議論文：7 篇 C. 研究/技術報告：2 篇 D. 專利申請 6 件 (含獲得 4 件、申請中 2 件)	符合目標
查核點		

LSCM 陰極保護層製作、測試及效果分析	完成 LSCM 陰極保護層製作，single cell stack 測試及效果分析證實有降低衰減之效果。	符合目標
三陰極噴塗槍噴塗電池參數確立	完成三陰極噴塗槍之測試，及噴塗電池電解質 LSGM 及隔離層 SDC 參數之確立。	符合目標
LSCM-SSC-LSGM/SSC 新陰極製作及測試	完成 LSCM-SSC-LSGM/SSC、SSC-LSGM/SSC 及 SSC-SDC/SSC 新陰極製作及測試，發現 SSC-LSGM/SSC 及 SSC-SDC/SSC 兩種新陰極具有較低的極性電阻。	符合目標
LSGMC/LSGM 電解質製程參數建立	已開發 LSGMC/LSGM 雙層電解質結構，並應用於電池片之製作。	符合目標
10×10 cm ² 新陰極及改進陽極電池製作及測試	採用 SSC 為陰極電流收集材料、SDC/SSC 為陰極梯度介面層材料及不加碳(製孔劑) LDC/NiO 為陽極材料，完成 10×10 cm ² 電池片之製作及測試。	符合目標
年度電池性能目標值	完成新建立三陰極噴塗槍噴塗系統研製 MSC 電池片各功能膜層的參數建立，提供穩定製程參數(誤差<1%)，研製成功之 10×10 cm ² MSC 電池片每片最大輸出功率大於 40 Watt (750°C)。衰減率小於 1%/ 1000 hr (1000 小時測試，400 mA/cm ² , 700°C)。	符合目標
500 W 電池堆之電池片製作	(1) 已提供 18 片供電池堆製作測試，功率大於 500 W。 (2) 完成多片 10×10 cm ² MSC 電池片製作，每片最大輸出功率大於 40 Watt (750°C)，其中 8 片用於 single cell 及 single cell stack 測試，5 片用於組電池堆供 SOFC 系統做測試。	符合目標
儲氫材料與技術之發展與應用		
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	可製作每爐次 100 g 儲氫試樣 Pt/AC。	符合目標
精進製備程序，使量產材料之儲氫重量密度達 6.5~7.0wt% (2.16~2.33 kWh/kg)	儲氫重量密度可達 6.5~7.0wt% 以上。	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 50~55 kg/m ³ (1.67~1.83 kWh/l)	容積密度已達 45 kg/m ³ 以上。	符合目標
提昇儲氫材料吸氫速率至 30~40 μg/min g	少量式樣可以提昇儲氫材料吸氫速率至 35~40 μg/min g 左右，然價格最便宜活性碳所製作的 Pt/AC(CS) 試樣，其最佳吸氫速率 25 μg/min g 左右。	符合目標
提昇約 10 g 裝的儲氫匣，	將裝填約 18 g 試樣的儲氫匣，經過傳統除	目前以改進方向朝

其總氫氣釋放量達 4wt%	氣前處理及嘗試不同充氫方式與活化處理，提昇約 10 g 裝的儲氫匣，其總氫氣釋放量達 4wt%。除此之外，目前正朝儲放氫時之熱能管理邁進，以能夠控制較室溫為低溫度之 TGA 量測結果，在 0°C 下吸氫及 50°C 下放氫，應可超過 4wt% 的釋放量。	目標邁進
藉由 100~150 W 儲氫系統之運作經驗，精進組件及系統之控制參數，展示 150~200 W PEM 系統運作 25 分鐘	將裝填約 150 g 試樣的儲氫匣，配合燃料電池系統安裝於滑板車上，並於滑板車承載 50 公斤的人員，可以騎乘約 28 分鐘。	符合目標
年度目標 A. 國外期刊申請：2 篇 B. 國內期刊獲得及申請：1 篇 C. 會議論文：2 篇 D. 研究/技術報告：8 篇 E. 國內、外專利申請：2 件	年度達成 A. 國外期刊：8 篇 (含獲得 3 篇、申請中 5 篇) B. 國內期刊：0 篇 C. 國內外會議論文：4 篇 D. 研究/技術報告：6 篇 E. 專利申請：8 件 (含獲得 4 件、申請中 4 件)	符合目標
查核點		
每爐次 100 g 儲氫試樣製作	(1) 完成 5 爐次各 100 g 試樣製備，儲氫重量密度 7.0wt% 以上，材料密度 0.56 g/cm ³ ，容積密度 45 kg H ₂ /m ³ 。 (2) 以 18 g 及 100 g 試樣裝填於儲氫匣，進行氫氣釋放測試。	符合目標
儲氫重量密度與體積密度滿足目標值	(1) 儲氫重量密度可達 6.5~7.0wt% 以上。 (2) 選用外觀密度達 0.56 g/cm ³ 的活性碳，其容積密度目前可達 45 kg/m ³ 以上。	符合目標
吸氫速率達 30~35 µg/min g	高比表面積活性碳持 Pt 顆粒，其吸氫速率可以到達 35~40 µg/min g，對於價格較便宜且低表面積活性碳，在擔持 Pt 顆粒後，其最高吸氫速率約 25 µg/min g 左右，有待再突破。	符合目標
滑板運作 25 分鐘	將裝填約 150 g 試樣的儲氫匣，配合燃料電池系統安裝於滑板車上，並於滑板車承載 50 公斤的人員，可以騎乘約 28 分鐘。	符合目標
儲氫匣總釋放量為 4wt%	將裝填約 18 g 試樣的儲氫匣，經過傳統除氣前處理及嘗試不同充氫方式與活化處理，其總氫氣釋放量只達 1.2wt%，除此之外，目前正朝儲放氫時之熱能管理邁進，以能夠控制較室溫為低溫度之 TGA 量測結果，在 0°C 下吸氫及 50°C 下放氫，可以超過 4wt% 的釋放量，儲氫匣實驗正進行中。	符合目標

(二)計畫工作項目實施步驟或研究方法

(參見附錄二：100 年度期末工作成果說明)

工作項目	實施步驟或研究方法
固態氧化物燃料電池發電系統技術發展	
雲母/GC9玻璃混成密封材料研製	(1)密度量測。 (2)熱膨脹係數量測。 (3)微結構觀察及結晶結構分析。 (4)高溫黏度量測。 (5)高溫電性量測。 (6)高溫機械性質量測。
金屬連接板保護層特性分析	(1)保護層鍍覆。 (2)微結構觀察及結晶結構分析。 (3)高溫電性量測。
電池堆模擬分析	(1)立 3D 模型以及六面結構體網格。 (2)設定邊界條件。 (3)模擬電化學反應求得電池堆電性分佈、壓力與流速分佈及溫度場分佈。 (4)匯入溫度場進行結構熱應力分析。
電池堆測試	(1)組件經封裝材料塗佈程序後成為電池堆。 (2)將電池堆置入高溫爐，連接電壓、電流與溫度導線至測試平台。 (3)控制平台調控測試氣體流量與溫度、高溫爐升溫程序、電池片還原程序。 (4)進行電性測試及耐久性測試。
BOP規劃	開發輸出功率 1 kW 及發電效率 40%以上之 kW 級 SOFC 發電系統。以 GCTool 規劃 SOFC 平衡系統，得到各熱工元件之溫度、壓力及質量流率，據此以開發氣流分配盤、燃燒重組器以及熱交換器等熱工元件。
熱工元件之開發	欲充分利用 SOFC 之優質熱能，需要設計良好之熱工元件以回收其熱能，進而增加系統之整體效率。而國內並無相關經驗進行設計及製造適用於 SOFC 高溫環境下(800℃~1000℃)之氣流分配盤及燃燒重組器。因此本研究乃自行開發各熱工元件，建立熱工元件製作自主能力。
研製以 α -Al ₂ O ₃ 作為擔體之Pt/CeO ₂ / α -Al ₂ O ₃ 觸媒	(3)製備 α -Al ₂ O ₃ 觸媒擔體，其中該 α -Al ₂ O ₃ 觸媒擔體係為粒徑 3 mm之圓柱狀體。 (4)配製硝酸銻溶液。 (5)將 α -Al ₂ O ₃ 觸媒擔體與硝酸銻溶液含浸放置。 (6)將含浸之 α -Al ₂ O ₃ 觸媒擔體顆粒及硝酸銻溶液以真空迴旋濃縮機抽去剩餘之水份。 (7)將水份去除後所得到之 CeO ₂ / α -Al ₂ O ₃ 放置於烘箱中乾燥。 (8)將上述乾燥之 CeO ₂ / α -Al ₂ O ₃ 置於高溫爐中煅燒。 (9)配製白金溶液。

	(10) 將煅燒後之$\text{CeO}_2/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$顆粒與白金溶液含浸放置。 (11) 含浸之$\text{CeO}_2/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$顆粒及白金溶液以真空迴旋濃縮機抽去剩餘之水份及烘乾。 (12) 烘乾之顆粒置於高溫爐中煅燒，完成$\text{Pt/CeO}_2/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$觸媒。
陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發	
SOFC-MEA 相關材料製備	(1) 以甘胺酸-硝酸鹽燃燒法(GNCP)研製具高觸媒反應性與高氧離子傳導性之$\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ (SSC)、$\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Al}_{0.1}\text{Fe}_{0.9}\text{O}_{3-\delta}$ (BSAF) 和 $\text{SmBa}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_2\text{O}_{5+}$ (BSSC)陰極材料。 (2) $\text{Sm}_{0.2}\text{Ce}_{0.8}\text{O}_{1.9}$ (SDC)、$\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{1.9}$ (GDC) 與 $\text{BaCe}_{0.7}\text{Y}_{0.2}\text{Zr}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ (BYCZ)電解質材料。
SOFC-MEA 元件製備	研製具以下結構之元件： (1) Ni-YSZ (anode) YSZ(electrolyte) GDC-LSM (cathode functional layer) LSM (cathode)。 (2) NiO-SDC (anode) SDC/GDC (electrolyte) SSC-SDC (cathode)。
電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件技術研發	
三陰極噴塗槍噴塗系統之建置與測試	(1) 訂定系統規格、採購、全機驗收及測試。 (2) 電漿噴塗電漿氣體(Ar, He, N_2)之工作流量，電漿噴塗工作電壓及電流之建立。 (3) MSC 電池片膜層參數建立及精進。
$10 \times 10 \text{ cm}^2$ 電池片製程參數精進及電性量測	(1) $10 \times 10 \text{ cm}^2$ MSC電池片製作製程參數之建立及佳化。 (2) $10 \times 10 \text{ cm}^2$ MSC單片電池之性能量測及分析。 (3) $10 \times 10 \text{ cm}^2$ MSC單片電池堆之性能量測及分析。
儲氫材料與技術之發展與應用	
每爐次 100 g 試樣製作	建立標準製程，再應用於每爐次 100 g 之生產，亦變化一些參數，期望獲得最佳氫氣釋放量之試樣。
儲放氫能力確認	以 TGA 或能控制較室溫更低溫度之 TGA，以 130 mg 的試樣量測其吸放氫能力。
儲氫匣運作測試	裝填約 15 g 或 150 g 的試樣於儲氫匣，進行除氣條件、溫度條件、充氫條件的改變，應用於放氫測試或系統運作測試。

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)			
高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用	77,366			李瑞益	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	41,783	李瑞益	核能研究所	
		陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發	16,905	李茂傳	核能研究所	
		電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件技術研發	8,247	黃振興	核能研究所	
		儲氫材料與技術之發展與應用	10,431	余明昇	核能研究所	

(二)經資門經費表

預算執行數統計截止日期：100.12.31

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	42,429,000 (42,429,000)		42,429,000 (42,412,991)	54.84% (99.96%)	
小計	42,429,000 (42,429,000)		42,429,000 (42,412,991)	54.84% (99.96%)	
二、資本支出					
設備費	34,937,000 (34,937,000)		34,937,000 (34,937,000)	45.16% (100%)	

小計		34,937,000 (34,937,000)		34,937,000 (34,937,000)	45.16% (100%)	
合計	金額	77,366,000 (77,366,000)		77,366,000 (77,349,991)	100% (99.98%)	
	占總經費% = 分配數÷預算數	100%		(99.98%)		
	(執行率=執行數÷ 流用後預算數)					

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) 人力統計截止日期：100.12.31

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	助理
分支計畫 高溫燃料電池系統發展應用	原訂(全年)	64.1	3.4	10.4	16.8	33.5
	實際	61.4	3.3	9.5	15.6	33
	差異	-2.7	-0.1	-0.9	-1.2	-0.5
分項計畫 固態氧化燃料電池系統發展	原訂(全年)	33.6	0.4	3.5	1.6	28.1
	實際	32.9	0.3	2.9	1.6	28.1
	差異	-0.7	-0.1	-0.6	0	0
分項計畫 陶瓷基板支撐型固態氧化燃料電池材料研發	原訂(全年)	13.8	1	4.6	3.8	4.4
	實際	13	1	4.3	3.8	3.9
	差異	-0.8	0	-0.3	0	-0.5
分項計畫 電漿噴塗金屬支撐型固態氧化燃料電池元件技術研發	原訂(全年)	5.4	1	1	3.4	0
	實際	4.7	1	1	2.7	0
	差異	-0.7	0	0	-0.7	0
分項計畫 儲氫材料之開發與應用	原訂(全年)	11.3	1	1.3	8	1
	實際	10.8	1	1.3	7.5	1
	差異	-0.5	0	0	-0.5	0

(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	
林金福	分支 主持人	計畫管理 (2.4 人月)	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	材料科技
李瑞益	分支 主持人	計畫管理、電池堆組裝、模擬、測試 (8.4 人月)	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	原子能暨工程物理
胥耀華	研究人員	電池片及電性量測 (1.2 人月)	學 歷	碩士
			經 歷	副研究員
			專 長	材料科技
程永能	研究人員	電池堆組裝、模擬、測試 (12 人月)	學 歷	博士
			經 歷	簡任副研究員
			專 長	機械工程
簡俊清	研究人員	重組器產氫研究 (6 人月)	學 歷	博士
			經 歷	簡任副研究員
			專 長	化學
熊惟甲	研究人員	連接板電阻量測、SOFC-MEA 研發 (12 人月)	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	機械工程
趙 裕	研究人員	重組器產氫研究 (1.2 人月)	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	化學
李茂傳	分項 主持人	(12 人月) SOFC-MEA 研發	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	化學工程
黃振興	分項 主持人	電漿噴塗計畫規劃、執行及督導 (12 人月)	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	原子能工程

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
余明昇	分項主持人	計畫規劃、分工、協調 (6 人月)	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	材料科技
曹正熙	研究人員	中子繞射之試樣儲氫測試分析 (4.8 人月)	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	能源工程

與原計畫規劃差異說明：

原規劃全年度人力為 64.1 人年，實際人力為 61.4 人年；因部分人員工作升遷調動或離職等因素，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。

伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含量化成果output)

一、本計畫主要成果及重大突破

(一) 學術成就

1. 本計畫成員李瑞益博士今年 3 月獲聘為歐盟 EFCF International Board of Advisors，目前亞洲僅台灣與日本受邀，顯現本所於 SOFC 之相關成就受到國際的肯定。另期刊論文「High-temperature mechanical properties of a solid oxide fuel cell glass sealant in sintered forms」已獲刊登。
2. 本計畫成員李茂傳博士受邀請，榮任三種國際著名 SCI. Journals 之 Paper Reviewer/Referee of [1] the Electrochemistry Communications (2010-2011)、[2] Journal of The Electrochemical Society (2011)、[3] the Journal of Solid State Electrochemistry (2011)，已評審多篇 Papers，確立 INER 於 SOFC-MEA 研發具國際地位。
3. 執行unit-cell (含以CH₄為進料)之performance tests，其結果完成報告，另建構水氣供應系統。其中INER(ASC)二代MEA之RJC之 $P_{\max}=629.48 \text{ mW/cm}^2 (700^{\circ}\text{C})/607.68 \text{ mW/cm}^2 (650^{\circ}\text{C})$ 已經超越計畫總目標，成果已完成SCI之發表工作。另刊登SCI.論文“Fabrication and evaluation of electrochemical characteristics of the composite cathode layers for the anode-supported solid-oxide fuel cells,” J. Taiwan Institute of Chem. Eng., (impact factor=1.42, (ROC-SCI-J)), 42(2011) 775-782。

4. 探討自製多孔透氣金屬基板之透氣率對電池輸出功率之影響，從透氣率 3.4 Darcy 的基板做成之電池有大於 1 Watt/cm^2 的輸出功率密度，同時推導可預測電池最大輸出功率密度之解析公式，預測值與實驗值相近，相關成果發表於 JOURNAL OF POWER SOURCES, 196/1932-1939, 2011。
5. 完成一片 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ MSC 電池製作，其陰極結構以 SSC (80 volume%)/SDC (20 volume%) 為陰極收集層及 SDC (50 volume%)/SSC (50 volume%) 為梯度陰極介面層，其他電池材料及結構不變，經熱處理(60~80 kg 壓力及 850°C)後，在 open cell 及 anode closed 測試環境下，於 700°C 可輸出近 40 watt/片(0.7 V)的電力，且在 400 mA/cm^2 下測得衰減率小於 1%/1000 小時。與熱處理程序有關論文「Dead Load Effect on performances of Metal-supported ITSOFCs Fabricated by Atmospheric Plasma Spraying」已為 Journal of Power Sources (impact factor 4.283) 接受發表。
6. 完成 SOFC 發電系統自持發電測試，於爐溫 780°C ，甲烷、空氣及水分別為 3.99、3.15 lpm 及 5.49 cc/min 及陰極 38 lpm 空氣流量條件下，電池堆電壓 27.2 V (0.755 V/cell)，電流 28 A，電功率輸出 762 W。此一雛型展示系統，為本所及國內首次完成之熱能自持 SOFC 發電系統，使用天然氣做為燃料。
7. 目前和美國 MIT 及 NIST 合作，以及和 Pen State Univ. 共同之探討，前者以非線性中子散設技術，而後者則採用 in-situ 高壓 Raman 技術，都確認有氫氣外溢(spillover)機制的存在，而且會發生強化吸氫效果。

(二) 技術創新

1. 完成燃燒重組器一體化設計與製作，有效降低燃燒區最高溫度與燃料重組區入口之溫度梯度並解決局部溫度過高之問題，明顯減少熱散失並能提升系統之整體效率。另正申請專利中。
2. 固態氧化物燃料電池電系統電池堆、燃料電池系統(腳踏車)參加桃園縣政府舉辦之「桃園縣綠能科技產業創新研發論壇」。
3. 完成 INER-SOFC-MEA 第二代產品以 SDC/GDC 為電解質具 LT-SOFC 與 IT-SOFC 功能，其 durability 測試達 1500 小時。其最大功率密度，已超越計畫之預期目標($P_{\max} > 600 \text{ mW/cm}^2$)(750°C)。
4. 精進及最佳化電池製程參數，改進電池材料及結構，完成 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ MSC 單片電池堆製作及測試，在 700°C , 300 mA/cm^2 條件下測試近 500 小時，無衰減現象。

5. 創新高穩定奈米結構陽極並獲得歐盟專利。
6. 參加 2011 國科會創新專利成果展，展示 MSC 電池片及『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』專利(獲中華民國和歐盟專利)，此專利也參加台北國際發明暨技術交易展之發明競賽，獲金牌獎，為本計畫研發成果之具體呈現。
7. 建立的每爐次製備 100 g Pt/AC 試樣的製程，經由改變其中還原劑之添加量，吸氫能力略有差異，但氫氣釋放量則可明顯增加，有實際應用面上效益。

(三) 經濟效益

1. 我國 SOFC 的發展與國際各先進國家的進程有相當的落差。本所自 2003 年投入於本項環境友好、高效率能源轉換系統之 SOFC 發電系統關鍵技術，從粉末、電池單元、電池堆、BOP 零組件及系統整合，已有顯著成效。藉由本項計畫之施行，並帶動國內上、中、下游對 SOFC 技術的了解。目前本計畫與學界有密切的合作關係，並與國內業界有良好的互動。SOFC 技術是國內在能源產業中，少數可從「powder」→「power」完全掌握的能源技術。以國內的「成本降低」及「系統整合」專長，選定利基產品，全力投入創新研發，增加競爭力，可望在未來創造 SOFC 新興能源產業，成為世界產品的主要供應鏈之一。
2. 國內數家科技公司人員來所討論玻璃特性量測技術及應用等相關議題。顯示陶瓷玻璃除應用於 SOFC 外，亦可使用於其他產品，如 3C 產業之封裝材料，廣泛使用於工業界，玻璃相關技術研發極具市場效益。國內自動化廠機械設備人員多次來所洽談自動化製程相關事宜，另國內業界參與國外 SOFC 組件及材料加工製作，顯示國內企業逐漸投入相關產業。
3. 完成兩項技轉案之公告程序，並完成成本估算，準備適時技轉。可視產業界意願與需求，執辦技轉相關事宜。
4. 建立低衰減率電池片，增加電池片使用壽命，具節省電池堆費用之實效。
5. 參加 2011 國科會創新專利成果展，展示 MSC 電池片及『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』專利(獲中華民國和歐盟專利)，此專利也參加台北國際發明暨技術交易展之發明競賽，獲金牌獎，提升國家及社會對本所研發成果的認同及肯定。
6. 以市售的活性碳，依據標準製程製作每爐次 100 g 的 Pt/AC 試樣，有不錯的吸氫能力，靜滯時氫氣釋量大於約 30%；若後續在儲氫匣測試時，其氫氣釋放量可以維持如少量試樣測試的結

果，將具有相當的經濟效益。

(四) 社會影響

1. 能源是提供民生基本需求與經濟發展之動力，我國自產能源不足，98%初級能源需仰賴進口，考量我國能源供需安全、節能減碳、環境保護與創造新能源產業，據以規劃推動 SOFC CHP 計畫。SOFC CHP 系統擁有燃料多元化及高發電效率(電力效率 40~60%；能源效率 80~90%)之優點，可降低一半的住商能源需求，搭配間歇性之再生能源可產生穩定的能源，可提升間歇性再生能源的能量配比。符合我國「永續能源」之(1)能源安全；(2)低碳足跡；(3)創造新就業；(4)提升國民生產所得等績效篩選指標。可做為解決國內能源的供需並同時扶植國內新興能源產業及振興經濟之重要選項。
2. SOFC 能源轉換器之技術與產業普遍看好。本計畫接獲本項產業之正面消息甚多，對社會新能源之期待任重道遠。
3. 首次完成自製單片 MSC 電池堆其在 700°C, 300~400 mA/cm²條件下及 300 小時測試期間，無衰減現象。或 1000 小時測試期間，衰減率小於 1%/1000 小時，突破國內記錄，對未來落實國內技術生根及開發國內產業甚有助益。

(五) 其它效益

1. 劉建國博士應邀赴 2011 陶業年會參加「能源陶瓷之應用論壇」並以「玻璃陶瓷高溫封裝材料於固態氧化物燃料電池之應用」為題進行專題演講。(大同大學，台北市，May 28, 2011)。
2. 研製奈米級 SOFC-MEA 相關陶瓷粉體，提供國內中央大學作相關計畫之研究使用與學生訓練，達成本計畫人才培育目標。
3. 參加國內陶業會議並發表四篇論文，提高國內知名度並加強與學界交流，共同提昇國內之研發能力。
4. 分別和 MIT、NIST 以及 Pen State Univ.的合作，以本所自製的 Pt/AC 式樣，在不同的技術都確認 Pt/AC 試樣吸氫的外溢機制(spillover)，這是他們以往以其他儲氫試樣，進行測試都無法成功獲得的結果，顯示本計畫製作、開發的試樣有其優越的吸氫特性。

二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破

	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 年度目標： 國內期刊發表 5 篇 國外期刊申請及發表 7 篇 國內外會議發表 13 篇	國內期刊：發表 2 篇 國外期刊(SCI)： 已發表 14 篇、 另已接受 1 篇 申請中 14 篇 國內外會議論文：31 篇	刊登於 J. of Power Sources、International Journal of Hydrogen Energy、Journal of The Electrochemical Society、Journal of Physical Chemistry C 等國際知名期刊，提高國際能見度。	在國際知名期刊刊登研究報告，並於重要會議發表。可與該領域之專家做交流，促進學術及技術水平之提昇。
	B 研究團隊養成	5 隊	建置專業實驗室，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團隊與製作實驗室；建置電漿噴塗鍍膜專業實驗室；低密度多孔儲氫材料研發實驗室等。	建立專業開發及標準驗證平台。
	C 博碩士培育	培育：博士 4 人、碩士 9 人 培訓：碩士 1 人	藉由與國內產學界之合作計畫，有效整合國內的研發能量；從基礎研究突破研發瓶頸，並培育及培訓人才，做為研發後盾。	
	D 研究報告 年度目標：36 篇	36 篇	呈現研發之成果及後續研發的重點及方向，使研發成果可交流、傳承。	
技術創新(科技整合創新)	G 專利 年度目標： 申請 17 件 (含國外 8 件、國內 9 件)	獲得發明專利：23 件 (含本國 12 件、美國 9 件、歐盟 2 件) 申請中專利：23 件 (含本國 9 件、美國 11 件、歐盟 1 件、日本 2 件)	相關研究於國外投入的時間遠早於國內，並多以專利權保護、壟斷。國內欲在該等領域有所突破，需充分掌握專利佈局，以突破國外專利權之壟斷，使計畫之研發成果可推展至產業界。	建立自主的專利技術，後續可供國內業界參考、擴充，促進國內產業升級。

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	H 技術報告 年度目標：15 篇	10 篇	記載研發的歷程及標準作業程序，以利技術傳承；後續的研發可在既有的基礎上，繼續發揚光大。	
	I 技術活動	參加國內外技術活動，共 15 場次。摘要如下： 1. 5 月 1~6 日參加 219th ECS Meeting, Montreal, QC Canada。 2. 5 月 28 日赴大同大學參加 2011 年陶業年會，五場次。 3. 6 月 6~10 日參加 ASME Turbo Expo 2011, Vancouver, British Columbia, Canada。 4. 7 月 21~22 日赴台南成大參加第一屆兩岸/第五屆資源工程研討會，二場次。 5. 9 月 1 日赴台北市參加 2011 模具暨應用產業技術論文發表會。 6. 9 月 19~22 日參加 2011 國際亞洲材料大會，三場次。 7. 12 月 3~4 日赴清華大學參加中國化學年會，二場次。	發表於主要之國際研討會： 1. 5 月 1~6 日參加 219th ECS Meeting, Montreal, QC Canada。 2. 6 月 6~10 日參加 ASME Turbo Expo 2011, Vancouver, British Columbia, Canada。	
經濟效益 (產業經濟發展)	T 促成與學界或產業團體合作研究	與國內 6 所產學界簽訂合作研究計畫 7 件，研究金額 4,882 千元。	與產學界之合作案包括： <u>中央大學</u> (創新加壓型固態氧化物燃料電池電池設計測試及模擬分析II、創新加壓型固態氧化物燃料電池電池設計測試及模擬分析II、SOFC電池堆接合件高溫耐久機械性能分析)； <u>聯合大學</u> (SOFC 高溫封裝用玻璃陶瓷材料與金屬及鍍膜層之界面反應研究)； <u>台灣大學</u> (SOFC	

		績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
				金屬連接板熔射噴塗雙層金屬粉末鍍層的研究、SOFC金屬連接板熔射噴塗雙層金屬粉末鍍層的研究、SOFC金屬連接板熔射噴塗雙層金屬粉末鍍層的研究)； <u>台灣大學凝態科學中心</u> (白金擔持活性碳的三維斷層電子穿透影像研究)； <u>淡江大學</u> $((R,M)_2 (Zr,Ti)_2 O_{7-8})$ 作為SOFC電解質材料的研究開發、 $(R,M)_2 (Zr,Ti)_2 O_{7-8}$ 作為SOFC電解質材料的研究開發、 $(R,M)_2 (Zr,Ti)_2 O_{7-8}$ 作為SOFC電解質材料的研究開發、 $(R,M)_2 (Zr,Ti)_2 O_{7-8}$ 作為SOFC電解質材料的研究開發、 $(R,M)_2 (Zr,Ti)_2 O_{7-8}$ 作為SOFC電解質材料的研究開發)； <u>台灣經濟研究院</u> (SOFC技術標準與安規及應用市場研析)。	
社會影響	民生社會發展	R 增加就業	39 人	因計畫的執行，聘用計畫相關研發人力，可降低失業率。	
		0 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。	

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%)

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、**另已接受 1 篇**(申請中 **14 篇**)；國內期刊發表：2 篇；國內外會議發表：31 篇；研究/技術報告：46 篇。摘要說明如下：

固態氧化物燃料電池發電系統技術發展 (5 篇)

(1) **【 Effects of Lanthanum-based Perovskite Coatings on the Formation of Oxide Scale for Ferritic SOFC Interconnect 】**：Three

lanthanum-based perovskite ceramic compounds, $\text{La}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{CrO}_3$, $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CrO}_3$, and $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$, were coated on ferritic stainless steel by the spin coating technique, and the effects on the formation of oxide scale have been investigated. The coated samples were aged at 800°C in ambient air atmosphere for up to 1600 hours. After each ageing period, the measurement of electrical area -specific resistance (ASR) was conducted. The evolution of crystalline phases and microstructures of aged samples were examined using the X-ray diffractometer and the scanning electron microscope. It was found that the perovskite pastes could facilitate the growth of $(\text{Mn}, \text{Cr})_3\text{O}_4$ spinel phases with coarser crystalline structures and higher levels of Mn content. After 1600-h ageing, coated samples exhibited an average ASR result of $\sim 3 \text{ m}\Omega\text{-cm}^2$, approximately one-third that of the uncoated sample. The ASR difference was attributed to the Mn content and crystallite size of the spinel phase. 0254-0584, Materials Chemistry and Physics, 127, 1-2, 45~50. (SCI)

- (2) **【High-temperature mechanical properties of a solid oxide fuel cell glass sealant in sintered forms】**: High-temperature mechanical properties of a silicate-based glass sealant (GC-9) for planar solid oxide fuel cell have been studied in sintered forms. Ring-on-ring biaxial flexural tests are carried out at room temperature to 800°C for the sintered GC-9 glass. The results are also compared with those in cast bulk forms. From the force-displacement curves, the glass transition temperature (T_g) of the non-aged, sintered GC-9 glass is estimated to be between 700°C and 750°C , while that of the aged one is between 750°C and 800°C . Due to a crack healing effect of the residual glass at high temperature, the flexural strength of the sintered GC-9 glass at temperature of 650°C to T_g point is greater than that at room temperature. At temperature above T_g , the flexural strength and stiffness are considerably reduced to a level lower than the room-temperature one. The sintered GC-9 glass with pores and crystalline phases has a flexural strength lower than the cast bulk one at temperature of 650°C and below. Due to a greater extent of crystallization, the flexural strength and stiffness of the sintered GC-9 glass are greater than those of the cast bulk one at $700\text{-}800^\circ\text{C}$. 0378-7753, Journal of Power Sources, 196/7/3583-3591, 2011. (SCI)
- (3) **【Synthesis and evaluation of carbon nanotube-supported RuSe catalyst for direct methanol fuel cell cathode】**: Ruthenium selenide (RuSe) supported on a carbon nanotube (CNT) material, i.e., RuSe/CNT, with a controlled composition ($\text{Ru}:\text{Se}^{1/4}1:0.2$) was synthesized using a modified polyol method as a model catalyst for direct methanol fuel cell (DMFC) cathode. The prepared

electrocatalyst was physically characterized by means of Transmission Electron Microscopy (TEM), X-ray Diffraction (XRD) Spectroscopy and X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), and its activity for oxygen reduction reaction (ORR) was examined using Linear-Sweep Voltammetry (LSV). In addition, the methanol tolerance was characterized using Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). It was found that the prepared RuSe/CNT catalyst has good catalyst morphology, uniform and small particle size, and controllable catalyst composition. After subjecting to a proper heat treatment at 400°C, the electrocatalyst exhibits a good oxygen reduction activity with high methanol tolerance. From both LSV and XPS analyses, it was concluded that a high Se3d5/2 content plays an important role for oxygen reduction on RuSe/CNT. The EIS characterization also identified the presence of reaction intermediates during the oxygen reduction process. Based on the test results, the mechanisms underlying the dual function of the RuSe/CNT catalyst are proposed. The prepared catalyst was further evaluated for its potential application to DMFC. At 70 °C, the single-cell DMFC integrated with RuSe/CNT exhibited a performance much better than that incorporated with Pt/C counterpart when operated with a high-concentration (i.e., 6 M) methanol fuel. However, substantial improvements are still needed for practical applications. 0360-3199, International Journal of Hydrogen Energy, 36, 2011, 3997-4006. (SCI)

- (4) **【Analysis of Joint Strength Between a Metallic Interconnect and Glass-Ceramic Sealant for use in Solid Oxide Fuel Cells】**: The objective of this study is to investigate the joint strength between a newly developed glass-ceramic sealant and metallic interconnect for application in planar solid oxide fuel cells (pSOFCs). A methodology of evaluating the joint strength at room temperature (RT) and 800°C was developed in testing two types of sandwich-like specimens under shear and tensile loading. Effects of number of sealant-spreading side and aging treatment on the joint strength at RT and 800°C were studied. Regardless of the testing temperature and loading mode, the joint strength of specimens with two sides of glass-ceramic sealant was greater than that of single-side ones due to a better wetting effect. An aging treatment at 800°C for 250 or 500 h degraded the shear joint strength at 800°C by 17%. A longer aging time of 1000 h further reduced the high-temperature shear joint strength by a slightly additional extent from 17% to 19%. EI, 35, 1, 2527-2536. (SCI)
- (5) **【Efficiency Analyses of Ethanol-fueled Solid Oxide Fuel Cell Power System】**: In this study, the balance of plant (BOP) of an ethanol-fueled SOFC is analyzed using the GCTool software package

developed by Argonne National Laboratory (ANL). The effects of the excess air ratio and fuel utilization on the electric and heat efficiencies of the SOFC are systematically examined for two reforming methods (steam reforming and auto-thermal reforming) and two flow sheets (BOP A and BOP B). In BOP A, the cathode-off gas is passed directly to the afterburner together with the unreacted fuel, and the hot flue gas exiting the burner is then used to provide the thermal energy required for the ethanol reforming process. In BOP B, the cathode-off gas is passed through a heat exchanger in order to heat the ethanol fuel prior to the reforming process, and is then flowed into the burner with the unreacted fuel. The results show that given an SOFC inlet temperature of 650°C , a fuel utilization of 70.2% and excess air ratios of 4, 6 and 7, respectively, the overall system efficiency is equal to 74.9%, 72.3% and 71.0%. In general, the results presented in this study provide a useful starting point for the design and development of practical ethanol-fueled SOFC test systems. 0306-2619, Applied Energy, 2011, Applied Energy 88, 3990-3998. (SCI)

陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發 (3 篇)

- (1) **【Fabrication and evaluation of electrochemical characteristics of the composite cathode layers for the anode-supported solid-oxide fuel cells】** : The various composite cathode layers on the solid oxide fuel cells (SOFCs) with a dense electrolyte of yttria-stabilized zirconia (YSZ) are investigated in this study. The ceramic powders of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-}$ (LSCF), $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-}$ (BSCF), $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_{3-}$ (LSGM), and $\text{Gd}_{0.2}\text{Ce}_{0.8}\text{O}_{3-}$ (GDC) are prepared by the glycine-nitrate combustion process. The different formations of composite cathode layers are coated onto the NiO-YSZ/YSZ half-cells via a screen printing method. Scanning electron microscopy (SEM) micrographs show that all of the samples can be well adherent to the YSZ electrolyte. From the energy dispersive X-ray (EDX) result, the undesired compound of SrZrO_3 is formed between the YSZ electrolyte and the composite cathode layers with LSCF and BSCF at the sintering temperature of 1000°C . According to the results of the electrochemical test and electrochemical impedance spectroscopy (EIS), the composite cathode layer with YSZ- $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_{3-}$ (LSM) interlayer exhibits the best electrochemical performance. The maximum power density can achieve the value of above 400 mW cm^{-2} for the samples with YSZ-LSM interlayer. 1876-1070, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 42, 5, 775-782. (SCI)
- (2) **【Characterizations of the anode-supported solid-oxide fuel cells with an yttria stabilized zirconia thin film by the diagnosis of the electrochemical**

impedance spectroscopy】：The anode-supported solid oxide fuel cells (SOFCs) with an yttria-stabilized zirconia (YSZ) electrolyte have been successfully prepared by the sequential steps of fabricating technique including tape casting, spin coating, and screen-printing. Two types of the SOFCs are manufactured and their cell performances are characterized via the detail analysis of the electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The maximum power densities are 411 and 289 mW cm⁻² for the high and low performance cells at 800°C, respectively. According to the EIS analysis, the electrochemical performance of the poor cell is dominated by the anodic non-charge transfer resistance, which is mainly resulted by the gas diffusion polarization due to the low porosity of the anode. The high performance cell is controlled by the simultaneous contributions of the ohmic resistance (RO), the anodic polarization (RAP), and the cathodic polarization (RCP) at the operation temperature of 800°C. However, the RCP will dominate the performance of the cell as the temperature is lowered down to 700°C. 0013-4651, Journal of The Electrochemical Society, 158, 3, B259-B265. (SCI)

- (3) **【 Fabrication and Characterization of SDC-SSC Composite Cathode for Anode Supported Solid Oxide Fuel Cell 】**：The Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-δ} (SSC) with perovskite structure was synthesized by the Glycine Nitrate Process (GNP). The phase evolution of SSC powder with different calcination temperatures were investigated by X-ray diffraction and thermogravimetric analyses. The XRD results show that the single perovskite phase of the SSC is completely formed above 1100°C. The anode-supported single cell was constructed with a porous Ni—Yttria-stabilized zirconia (YSZ) anode substrate, an airtight YSZ electrolyte, a Sm_{0.2}Ce_{0.8}O_{2-δ} (SDC) barrier layer, and a screen-printed SSC-SDC composite cathode. The SEM results show that the dense YSZ electrolyte layer exhibits the good interfacial contact with both the Ni-YSZ and the SDC barrier layer. The porous SSC-SDC cathode shows an excellent adhesion with the SDC barrier layer. For the performance test, the maximum power densities were 464, 351 and 243 mW cm⁻² at 800, 750 and 700°C, respectively. According to the results of the electrochemical impedance spectroscopy (EIS), the charge-transfer resistances of the electrodes were 0.49 and 1.24 Ω cm², and the non charge-transfer resistances were 0.48 and 0.51 Ω cm² at 800 and 700°C, respectively. The cathode material of SSC is compatible with the YSZ electrolyte via a delicate scheme employed in the fabrication process of unit cell. 0378-7753, Journal of Power Sources, 196/3129-3133, 2011. (SCI)

電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件技術研發 (4 篇)

- (1) **【Preparation of $\text{BaZr}_{0.1}\text{Ce}_{0.7}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-d}$ Based Solid Oxide Fuel Cells with Anode Functional Layers by Tape Casting】**: Solid oxide fuel cells (SOFCs) based on the proton conducting $\text{BaZr}_{0.1}\text{Ce}_{0.7}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-d}$ (BZCY) electrolyte were prepared and tested in 500-700°C using humidified H_2 as fuel ($100 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ with 3% H_2O) and dry O_2 ($50 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$) as oxidant. Thin NiO-BZCY anode functional layers (AFL) with 0, 5, 10 and 15 wt.% carbon pore former were inserted between the NiO-BZCY anode and BZCY electrolyte to enhance the cell performance. The anode/AFL/BZCY half cells were prepared by tape casting and co-sintering (1300°C/ 8 hours), while the $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-x}$ (SSC) cathodes were prepared by thermal spray deposition. Well adhered planar SOFCs were obtained and the test results indicated that the SOFC with an AFL containing 10wt.% pore former content showed the best performance: area specific resistance as low as $0.39 \Omega \text{ cm}^2$ and peak power density as high as 0.863 W cm^{-2} were obtained at 700°C. High open circuit voltages ranging from 1.00 to 1.12 V in 700-500°C also indicated negligible leakage of fuel gas through the electrolyte. 1615-6846, Fuel Cells, 11, 2, 178~183. (SCI)
- (2) **【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/ 1932-1939, 2011. (SCI)

- (3) **【 Dead Load Effect on performances of Metal-supported ITSOFCs Fabricated by Atmospheric Plasma Spraying】**: The nickel metal supported cells fabricated by atmospheric plasma spraying are heat-treated in air at 960°C for 2 h with different dead loads. The current-voltage-power and AC impedance measurements show the prepared cell with a dead load of 450 g cm⁻² has a better electrochemical performance at test temperatures 650°C. For test temperatures <650°C, the maximum power densities at 450 g cm⁻² dead load are about the same as the maximum power densities at 1250 g cm⁻² dead load. The SEM micrograph indicates that the cathode including the cathode interlayer and the cathode current collector is the most porous region in the cell. AC impedance results show this cathode is the most sensitive part to the applied dead load and the cell with 450 g cm⁻² dead load has the smallest low frequency intercept R_2 and the polarization resistance R_p at temperatures from 600 to 800°C. 0378-7753, Journal of Power Sources. (SCI)
- (4) **【 Preparation and Characterization of Reticular SSC Cathode Films by Electrostatic Spray Deposition】**: Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-δ} (SSC) cathode films for solid oxide fuel cells were deposited on CGO (Gd_{0.1}Ce_{0.9}O_{1.95}) electrolyte substrates by electrostatic spray deposition to prepare SSC/CGO/SSC symmetrical cells. Deposition parameters were changed systematically to examine their effects on film microstructure and electrode performance. A set of deposition parameters including a 0.01 M precursor solution containing metal nitrates in a mixture solvent of de-ionized water (0.6 vol%), ethanol (1.5 vol%) and diethyl butyl carbitol (97.9 vol%), a flow rate of 6 ml/h for precursor solution, a deposition temperature of 350°C and an imposed electric field of 10 kV/3 cm was identified for preparation of films with a highly porous reticular structure. The superior performance of a reticular SSC electrode was evidenced by its low interfacial resistances of 0.275 and 0.018 Ω cm² measured in 500 and 700°C, respectively. These values were one-half to one order of magnitude smaller than that of the screen-printed electrodes. 0955-2219, Journal of The European Ceramic Society, Accepted. (接受中)

儲氫材料與技術之發展與應用 (3 篇)

- (1) **【 Probing the Room-temperature Spatial Distribution of Hydrogen in Nanoporous Carbon by use of Small-angle Neutron Scattering】**: The spatial distribution of hydrogen physically adsorbed in a nanoporous carbon at room temperature (RT) as a function of hydrogen pressure is investigated for the first time using small-angle

neutron scattering (SANS). Hierarchical pore structure consisting of micropores and fractal mesopore network for the used activated carbon is also studied to correlate the relationship between the spatial distribution of hydrogen and the pore confinement. The cylinder-like cluster of aggregated hydrogen is formed and is confined in the disk-like micropore. The evolution of spatial structures of adsorbed hydrogen with hydrogen pressure is depicted. The direct experimental observations of the spatial distribution and the behavior of hydrogen adsorbed in the porous materials at RT are still rare to date. The information yielded by SANS technique provides a new knowledge to the future investigations of the RT storage mechanism of hydrogen in the nanoporous materials developed for the purpose of on-board hydrogen storage. 1932-7447, Journal of Physical Chemistry C , 114/19895-19900 , 2010. (SCI)

- (2) **【Adsorption of single platinum atom on the graphite oxide: the bifunctional catalytic effect of the graphene layer】**: We present the density functional calculations for the adsorption of single platinum (Pt) atom on the two-fold bridged-oxygen (Ob) covered graphene (graphite oxide, GO). We use the ab initio molecular dynamics method to simulate the approach of the Pt normal to the GO surface to identify the initial adsorption site and use the adaptive Kinetic Monte-Carlo method to locate the transition states with low energy barriers ($E_a < 1$ eV). We found the Pt at low kinetic energies will always be pulled toward the Ob and the reactions that follow will be dominated by a nearly barrierless ($E_a = 0.002$ eV) Pt–Ob pathway to give rise to an upward tilted Pt–Oa geometry (a11 state) with the Oa sitting at the atop site on one of the two carbons originally connected to the Ob and leaving the other with a lone-paired and semi-filled orbital (C^* radical). Reactions of the a11 state branch off into nine reaction pathways, which are divided into the Pt–C and –O groups with the former giving rise to large distortion ($E_a = 0.50$ eV), or even causing disruption ($E_a = 0.36$ eV), on the carbon lattice, and the latter giving rise to bifurcation of the early- and late- C^* pathways depending when the long-lived C^* is participated in the reaction. The late- C^* further splits into the early- and late- C^* manifolds and the bifurcation stops till all of the C^* in the late- C^* pathways are deactivated. The high reactivity of the C^* renders the catalytic property of the Pt-decorated graphene bi-functional, with one role being a radical to enhance the reactivity of the Pt, and the other being a self-cleaning agent to remove the reaction products from the surface by the sp^2 hybridization of the carbon connecting to the products, which removing process refreshes the surface with regenerated receptor sites allowing reaction of the Pt with other incoming

reactants to proceed continuously. The bifunctional catalytic property of the graphene layer explain well how the extremely small Pt particles (<0.5 nm) could give rise to enhanced electrocatalytic reactions and how the mysterious spillover of atomic hydrogen from the Pt to the supporting carbons could take place via the airborne pathway. 1932-7447, Journal of Physical Chemistry C, 115, 24, 12023-12032. (SCI)

- (3) **【Hydrogen Spillover effect of Pt-doped Activated Carbon Studied by Inelastic Neutron Scattering】**: We employed inelastic neutron scattering (INS) method to directly monitor the change of molecular hydrogen in the Pt-doped activated carbon (Pt/AC) samples and provide very conclusive evidence that significant hydrogen atoms can diffuse to the carbon surface at room temperature during the spillover process. INS method is uniquely capable of revealing the state of the hydrogen (either atomic or molecular forms). The INS result shows a direct quantitative evaluation of the amount of hydrogen adsorbed on AC in an atomic form via spillover. Two Pt/AC samples with different spillover effect were studied herein. The spillover behavior related to disassociation, diffusion and adsorption of hydrogen in the Pt/AC samples at the temperature cycling from 4 K up to 300 K was investigated by this INS study. The present study proposes the concept of diffusion length and hydrogen rich domain around a Pt cluster center in this system based on INS data. 1948-7185, The Journal of Physical Chemistry Letters, 2, 2322-2325. (SCI)

二、技術創新(科技整合創新)(權重30%)

本年度預定目標值：申請專利 17 篇。實際產出：合計申請 46 件，含獲得：23 件(含本國 12 件、美國 9 件、歐盟 2 件)、申請中：23 件(含本國 9 件、美國 11 件、歐盟 1 件、日本 2 件)。建立專利佈局，裨益國內廠商拓展國際市場。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：12 件

- (1) **【金屬之面積比電阻量測方法】**：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。(已獲中華民國發明專利第 I335437 號)

- (2) **【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。(已獲美國發明專利 US7,849,730B2)
- (3) **【玻璃或玻璃-陶瓷組成物之封接方法】**：一種玻璃或玻璃-陶瓷組成物之封接方法，係利用二種或二種以上熱性質不同之玻璃或玻璃-陶瓷材料作為封接材料用，藉由玻璃或玻璃-陶瓷材料彼此間之軟化溫度及結晶溫度之差異性，可於加熱過程中，利用對熱處理之控制，在不需要外加墊片之方式下，即可達到封接及固定間距之目的。(已獲美國發明專利第 US7,908,884B2 號)
- (4) **【用於燃料電池之密封材料】**：一種用於燃料電池之密封材料，係由下列成分組成：重量百分比為 60%-80%之玻璃材料；重量百分比為 20%-30%之醇類；作為黏結劑且重量百分比為 0.5%-3%之乙基賽路珞；以及作為增塑劑且重量百分比係為 0.01%-0.1%之聚乙二醇。(已獲美國發明專利第 US8,012,895B2 號)
- (5) **【燃料電池之電性模擬裝置】**：一種燃料電池之電性模擬裝置，包含一具有陽、陰極部之連接單元；一與陽、陰極部連接之感測單元；一與感測單元連接之第一類比/數位轉換器；一與第一類比/數位轉換器連接之分析單元；及一與分析單元連接之數位/類比轉換器；一與數位/類比轉換器連接之供電單元；一與供電單元連接之負載單元；一與負載單元連接之第二類比/數位轉換器所構成。藉此，可取代燃料電池(Fuel Cell)本體，進行系統整合監控與電力調節單元開發測試時所需之動態電力輸出特性，而達到節省燃料電池系統開發時所需之成本。(已獲中華民國發明專利第 I344618 號)
- (6) **【平板型固態氧化物燃料電池之電池堆流道】**：一種平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)之電池堆(stack)流道，包含有一連接板，連接板上方設有一金屬網用於收集並傳導電流，該連接板上、下兩

面設有燃料和空氣之輸入孔及輸出孔外，還有分流區、集流區和中間部分的流道區；在同向流或逆向流的流向設計下，一發電基板難以直接與連接板連接而獨立發揮功能，通常需要一框架用以支撐發電基板並協助隔開分流區和集流區處陰陽兩極之工作流體，而後再與連接板連接，如此可使連接板上、下兩面之燃料和空氣之輸入孔、輸出孔、分流區、集流區和流道區發揮功能。在此種設計模式下，該連接板流道區的設計必須特別注意連接板與發電基板陽極接觸面上之流道區設計，以迫使燃料流經金屬網並流向發電基板陽極面，增加燃料和發電基板之直接接觸與作用，如此可有效增加電池堆之反應效率。本發明主要特色是將該連接板之發電基板陽極接觸面流道區的開槽捨去或在開槽末端封閉一段長度等方式，用以迫使燃料流經金屬網並流向發電基板陽極面，可增加電池堆之整體反應效率。另於框架材料選擇上，選擇結合多項功能之材料，可降低電池堆元件數，簡化電池堆組裝工作。(已獲中華民國發明專利第 I344717 號)

- (7) **【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。(已獲中華民國發明專利第 I346414 號)
- (8) **【SOFC 電池堆高溫測漏裝置】**：一種 SOFC 電池堆高溫測漏裝置，係可有效量測用於固態氧化物燃料電池(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。(已獲中華民國發明專利第 I346413 號)
- (9) **【平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)移送裝置】**：一種平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)移送裝置，該電池堆係被夾於一上壓板及一下壓板間，該電池堆移送裝置包含複數負載裝置、一吊具及一移動座，該負載裝置係可施加壓力於

電池堆，該吊具包括一連接部及複數懸臂，該複數懸臂係以該連接部為中心呈放射狀分別向外延伸，於懸臂底部分別設有一固定件，該固定件底端係與該電池堆相連結，該移動座包括一吊臂，該吊臂係提供與該吊具相連結，透過該移動座移動該吊具及電池堆，藉此，可將電池堆平衡且穩定地由高溫爐取出及置入燃料電池控制系統，另外避免電池堆重心不穩或碰撞造成電池堆傾倒或破損，而安全將電池堆從高溫爐移送至控制系統。(已獲中華民國發明專利第 I350815 號)

- (10) **【固態氧化物燃料電池結構】**：一種固態氧化物燃料電池結構，包含一具有陽極輸入、輸出部及陰極輸入、輸出部之電池單元；一與陽極輸入部連接之第一電熱單元；一與陰極輸入部連接之第二電熱單元；一與第一電熱單元連接之重組單元；一與第二電熱單元連接之熱交換單元；一與重組單元、陽極及陰極輸出部連接之尾氣續燃單元；一藉由加濕器與重組單元連接之第一氣體供應單元；一與重組單元連接之第二氣體供應單元；一與尾氣續燃單元連接之第三氣體供應單元；以及一與熱交換單元連接之第四氣體供應單元。藉此，可使該固態氧化物燃料電池減少外部所需能源之提供，達到增加工作效率之功效。(已獲中華民國發明專利第 I339456 號)
- (11) **【燃料電池之電性模擬裝置】**：一種燃料電池之電性模擬裝置，包含一具有陽、陰極部之連接單元；一與陽、陰極部連接之感測單元；一與感測單元連接之第一類比/數位轉換器；一與第一類比/數位轉換器連接之分析單元；及一與分析單元連接之數位/類比轉換器；一與數位/類比轉換器連接之供電單元；一與供電單元連接之負載單元；一與負載單元連接之第二類比/數位轉換器所構成。藉此，可取代燃料電池(Fuel Cell)本體，進行系統整合監控與電力調節單元開發測試時所需之動態電力輸出特性，而達到節省燃料電池系統開發時所需之成本。(已獲美國發明專利 US7,902,792B2)
- (12) **【玻璃-陶瓷組成物之封裝材料】**：一種玻璃-陶瓷組成物之封裝材料，係由數種氧化物之成分依不同莫耳比或重量比混合而成，可應用於固態氧化物燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)作為封裝材料，能填裝於金屬與金屬、陶瓷與陶瓷或金屬與陶瓷接面之間，利用其熱膨脹係數(Coefficient of Thermal Expansion, CTE)與該固態氧化物燃料電池元件之熱膨脹係數相匹配，可減少熱應力之產生進而達到氣密和絕緣之效果。(已獲美國發明專利 US7,897,530 B2)

專利申請中：14 件

- (1) 【一種固態氧化物燃料電池之高溫爐】：申請案號 100101368，中華民國發明專利。
- (2) 【燃料電池接合結構及其製造方法】：申請案號 100105324，中華民國發明專利。
- (3) 【燃料電池接合結構及其製造方法】：申請案號 13/031,299，美國發明專利。
- (4) 【燃料電池接合結構及其製造方法】：申請案號 2011-37022，日本發明專利。
- (5) 【固態氧化物燃料電池堆模組結構】：申請案號 100115085，中華民國發明專利。
- (6) 【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 13/169,791，美國發明專利。
- (7) 【應用於燃料電池發電系統之燃燒重組器】：申請案號 100134070，中華民國發明專利。
- (8) 【觸媒檢測裝置】：申請案號 100122099，中華民國發明專利。
- (9) 【觸媒檢測裝置】：申請案號 13/175,914，美國發明專利。
- (10) 【固態氧化物燃料電池發電系統用之燃料重組觸媒製作方法】：申請案號 100132490，中華民國發明專利。
- (11) 【固態氧化物燃料電池發電系統用之燃料重組觸媒製作方法】：申請案號 100132490，中華民國發明專利。
- (12) 【固態氧化物燃料電池發電系統用之燃料重組觸媒製作方法】：申請案號 13/239,560，美國發明專利。
- (13) 【固態氧化物燃料電池堆模組結構】：申請案號 13/277,618，美國發明專利。
- (14) 【應用於燃料電池發電系統之燃燒重組器】：申請案號 13/280,403，美國發明專利。

陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發專利獲得：3 件

- (1) 【陽極處理程序以提升固態氧化物燃料電池之膜電極組輸出電功率密度】：本發明為以創新(Novel)程序製作具「高導電率/低阻抗的平板型固態氧化物燃料電池」。主要藉由刮刀成型製程，製作陽極基板，之後將陽極基板表面一側以研磨拋光程序處理，此平面可提供製作薄膜電解質時使用，而此程序結果將會有良好的電極/

電解質界面貼合結果。當 MEA 製作完成後，再對另一陽極面實施精準的研磨 10-30 μm ，經過此處理的 SOFC 全電池可具有高導電性/低阻抗的性質，且能有效提昇 SOFC 單元電池性能。(已獲中華民國發明專利第 I336969 號)

- (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煅燒/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。(已獲美國發明專利 US7,914,636 B2)
- (3) 【陽極處理程序以提升固態氧化物燃料電池之膜電極組輸出電功率密度】：本發明為以創新(Novel)程序製作具「高導電率/低阻抗的平板型固態氧化物燃料電池」。主要藉由刮刀成型製程，製作陽極基板，之後將陽極基板表面一側以研磨拋光程序處理，此平面可提供製作薄膜電解質時使用，而此程序結果將會有良好的電極/電解質界面貼合結果。當 MEA 製作完成後，再對另一陽極面實施精準的研磨 10-30 μm ，經過此處理的 SOFC 全電池可具有高導電性/低阻抗的性質，且能有效提昇 SOFC 單元電池性能。(已獲歐盟發明專利 EP2107630A1)

專利申請中：3 件

- (1) 【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 12/973,507，美國發明專利。
- (2) 【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 2010-279231，日本發明專利。
- (3) 【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 10196049.0，歐盟發明專利。

電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件技術研發

專利獲得：4 件

- (1) 【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】：本發明係為一種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，其陽極結構包括一多孔底材及一奈米通道複合

薄膜，該奈米通道複合薄膜具有複數個奈米通孔及複數個奈米通道。本發明之製造方法係包括提供一微米粉粒團，其係由一奈米氧化物混合粉粒與一黏結劑所組成，將該微米粉粒團加熱成一熔融或半熔融狀態之氧化物，再將熔融或半熔融狀態之氧化物噴塗在一多孔底材上，經由氫氣還原，製作出本發明之陽極結構，其可提高固態燃料電池陽極之電化學反應活性及導電度，並減緩在高溫環境下陽極材料粒子的凝聚，以增加陽極之使用壽命。(已獲中華民國發明專利第 I338404 號)

- (2) 【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】：本發明係為一種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，其陽極結構包括一多孔底材及一奈米通道複合薄膜，該奈米通道複合薄膜具有複數個奈米通孔及複數個奈米通道。本發明之製造方法係包括提供一微米粉粒團，其係由一奈米氧化物混合粉粒與一黏結劑所組成，將該微米粉粒團加熱成一熔融或半熔融狀態之氧化物，再將熔融或半熔融狀態之氧化物噴塗在一多孔底材上，經由氫氣還原，製作出本發明之陽極結構，其可提高固態燃料電池陽極之電化學反應活性及導電度，並減緩在高溫環境下陽極材料粒子的凝聚，以增加陽極之使用壽命。(已獲歐盟發明專利 EP1939967 B1)
- (3) 【燃料電池量測裝置】：一種燃料電池量測裝置，適於量測固態氧化物燃料電池之特性，此燃料電池量測裝置包括第一電流收集元件、第二電流收集元件、頂持元件組、底持元件組以及可調彈力負載組，其中第一電流收集元件與第二電流收集元件夾持固態氧化物燃料電池，頂持元件組適於固定第一電流收集元件，底持元件組適於固定第二電流收集元件，可調彈力負載組適於調整頂持元件組與底持元件組之間的拉力。第一(二)電流收集元件包括第一(二)多孔隙平板與第一(二)高網目導電網，其中第一(二)多孔隙平板具有相連之第一(二)貫孔與第一(二)氣體流動道，而第一(二)高網目導電網是燒結於第一(二)多孔隙平板上。(已獲美國發明專利 US7,993,788B2)
- (4) 【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】：本發明係為一種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，其陽極結構包括一多孔底材及一奈米通道複合薄膜，該奈米通道複合薄膜具有複數個奈米通孔及複數個奈米通道。本發明之製造方法係包括提供一微米粉粒團，其係由一奈米氧化物混合粉粒與一黏結劑所組成，將該微米粉粒團加熱成一熔融或半熔融狀態之氧化物，再將熔融或半熔融狀態之氧化物噴塗在一多孔底材上，經由氫氣還原，製作出本發明之陽極結構，

其可提高固態燃料電池陽極之電化學反應活性及導電度，並減緩在高溫環境下陽極材料粒子的凝聚，以增加陽極之使用壽命。(已獲美國發明專利 US8,053,142B2)

專利申請中：2 件

- (1) 【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 13/167,121，美國發明專利。
- (2) 【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 13/178,662，美國發明專利。

儲氫材料與技術之發展與應用

專利獲得：4 件

- (1) 【用於金屬有機骨架材料(Metal-organic framework, MOF)之儲氫罐裝置】：一種用於金屬有機骨架材料之儲氫罐裝置，係至少包含有一儲氫罐本體(Cartridge)、一過濾器(Filter)、一開關閥(Ball Valve)、一調壓器(Pressure Regulator)、一流量控制器(Flow Controller)及一連結管線所構成，可藉由在該儲氫罐本體外加裝之加熱裝置進行加熱，以將常溫下較慢或難以釋放出來之氫氣，作大量且快速釋放，進而達成外接的質子交換膜燃料電池(PEMFC)，維持穩定特定輸出功率的電位值之需求，而該過濾器更可避免金屬有機骨架材料之粉粒對整體儲氫罐裝置內部管件之污染。本發明不僅設備簡單且易於操作，並且亦可將燃料電池系統運作產生之熱氣作為熱源使用，使其更具節省成本之特色。(已獲中華民國發明專利第 I346412 號)
- (2) 【一種儲氫材料之載流氣體輔助放氫方法及其裝置】：一種儲氫材料之載流氣體輔助放氫裝置，特別是用於將儲存之氫氣從擔持觸媒儲氫材料中進行脫附，本創作使用載流氣體作為輔助，藉此將使用一般放氫方法無法放出之氫氣從擔持觸媒儲氫材料上脫附，以達到提升擔持觸媒儲氫材料之放氫量之功效。(已獲中華民國新型專利第 M411502 號)
- (3) 【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】：一種高比表面積之金屬有機骨架(Metal-organic framework, MOF)材料快速合成及保存方法，係可藉由改變先驅物之莫耳數比、溶劑含量、反應時間及反應溫度等參數因子對比表面積(Specific Surface Area, SSA)之影響相對關係，找出重要之操作變數，並藉由改變此重要操作變數以找出在最短時間的合成具有最高比表面積金屬有機骨架材料(MOF-5)之條件。本方法不僅可於高反應溫度 120°C 條件下縮短反應時間為 12 小時以快速合成具高比表面積之

金屬有機骨架材料，其比表面積(Specific Surface Area, SSA)大於 $3000 \text{ m}^2/\text{g}$ ，進而提高其產率，由於金屬有機骨架材料即使在低溼度之真空保存期間下仍具有極易吸水而造成相結構分解之特性，導致比表面積及儲氫能力急速下降及保存期限短，本工作提出一種保存處理方法，經過保存方法處理，可增加結構穩定性亦延長保存期間。(已獲中華民國發明專利第I337610 號)

- (4) 【高儲氫材料及其形成方法】：本發明提供一種高儲氫材料，其主要是在微孔隙結構中形成具有中介孔隙通道以及與其相連接之碎形網路之奈米孔隙通道，而且此兩種通道皆與微孔隙洞相連接，並於該中介與奈米孔隙通道及與通道相連之微孔隙洞上形成有金屬粒子。在另一實施例中，本發明更提供一種高儲氫材料之形成方法，利用對該微孔隙結構進行氧化反應以形成與微孔隙洞相連接之中介孔隙通道與碎形網路之奈米孔隙通道，加上與此兩種通道相連之微孔隙洞，進而提供可將氫分子解離成氫原子之金屬粒子沈積之基床。藉由本發明之高儲氫材料可以增加儲氫量，此外利用氧化的程序即可製造出高儲氫量之結構更有簡化製程以及節省生產成本之優點。(已獲美國發明專利 US7,927,693 B2)

專利申請中：4 件

- (1) 【動態儲氫的裝置及其方法】：申請案號 13/167,149，美國發明專利。
- (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 13/206,025，美國發明專利。
- (3) 【利用中子穿透量測孔隙材料氫氣吸附量的方法】：申請案號 100135476，中華民國發明專利。
- (4) 【提升活性碳擔持白金試樣(Pt/AC)體積儲氫量之創新作法】：申請案號 100133751，中華民國發明專利。

三、經濟效益(產業經濟發展)(權重20%)

1. 人類對能源之需求與產生全球暖化並存，對地球適合人類生存環境之破壞，已到非解決不可之時刻；能源需求已成為燃眉之急，SOFC 能源轉換器之優點，已成為最重要節能減碳(提高 Fossil fuel 之 Energy Conversion Efficiency)之主要策略之一，SOFC-MEA 之商機亦已開始，估算其經濟效益極為龐大。
2. 2010-02-24 美國加州矽谷之 Bloom Energy 公司，正式推出使用天然氣或生質氣為 fuel 之 SOFC 發電系統-ES-5000 Energy Server (Bloom Box)投入市場。Capacity=100 kW，售價約 US\$7,000~8,000/kW 分別出售給 Google、eBay、Walmart，顯示 SOFC 產業市場化正式開始。SOFC-MEA 之需求遠景亦已顯現，另日本 ENEOS (JX 日礦日

石能源)於 2011-10 在全球上市 700 W 之 SOFC Unit，雖然價格仍高(約 270 萬日圓(約合 US\$ 3.5 萬元)，更顯示 SOFC 產業深具商機。最近 Prof. Eric D. Wachsman 在 Science (Vol. 334, No. 18, PP. 935~939, 2011) 宣稱 "It's evident that SOFC technology has not matured and that major advances are still possible. Nevertheless, LT-SOFC should be a technology of choice for these applications as long as we are in a hydrocarbon-base energy infrastructure"。

3. 完成雷射銲接機、嵌入式資料擷取系統、熱工元件功能驗證平台、高溫氣體滲漏量測系統、電池堆測試平台及高溫爐等各項設備採購與安裝，於精進設備與建構達成年度目標，具推動 SOFC 產業之經濟效益。
4. 研製低熔點之 SOFC 玻璃陶瓷或混成密封材料與製程技術：經濟效益包括(1)降低熔煉溫度，減少能源消耗；(2)減少玻璃之稀土原料使用，有效降低成本。前述兩點均有利於研發技術移轉於國內產業。
5. 國內科技公司人員來所討論玻璃特性量測技術及應用等相關議題。顯示陶瓷玻璃除應用於 SOFC 外，亦可使用於其他產品，如 3C 產業之封裝材料，可廣泛使用於工業界，玻璃相關技術研發極具市場效益。
6. SOFC 金屬連接板熱處理、鍍膜製程及介面層材料研製：藉由開發高效能的保護層披覆材料，可選擇成本低廉之不銹鋼做為基板，但又不失其效能；藉由開發價格低廉的熱處理及鍍膜製程，可有效降低成本。前述兩項均有利於 SOFC 產業化的推廣。
7. 已進行 SOFC 連接板鍍膜試片 ss441/Ni/LSMO, Crofer22APU/LSMO, ss441/LSMO, ZMG232L/LSMO 與 Crofer22H/LSMO 之高溫長時面積比電阻(ASR)之量測達 4,964 小時，其 ASR 值分別為 4.79, 7.59, 7.68, 55.78 及 60.13 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，量測結果以 ss441/Ni/LSMO 覆膜試片電阻值最低且最為穩定，ss441 為常用之商業化產品，可望降低連接板之成本。
8. 國內自動化廠機械設備人員多次來所洽談自動化製程相關事宜，另國內業界參與國外 SOFC 組件及材料加工製作，顯示國內企業逐漸投入相關產業。
9. 觸媒小組完成 500 g 自製 SOFC 用天然氣燃料重組產氫觸媒 ($\text{Pt/CeO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$)，經測試耐久性達 1000 小時以上，天然氣(Natural Gas)轉化率>95%，耐高溫 1000°C 以上，可克服商業化觸媒積碳及粉化等問題，對 SOFC 產業化有所助益。
10. 以『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』中華民國專利參加專利局舉辦之智財交易專利競賽會，增加廠商對本項研究領域之了解及產業經濟發展之機會。
11. 儲氫材料以市售低價的活性碳製作的 Pt/AC 試樣，仍具有不錯的吸氫與放氫能力，未來在儲氫匣應用將具有相當的經濟效益。

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 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。
2. SOFC 發電技術具高能源轉化率，安靜無噪音，產生之廢氣相較於傳統火力發電系統甚少，對環境汙染大大降低。因此 SOFC 產業興起，必然有利民生環境之安全與永續發展功能。
3. SOFC-MEA 可隨著技術演變製作出適合 LT-SOFC (400~650°C)、IT-SOFC (600~800°C)、HT-SOFC (600~800°C) 產品，而依不同燃料與使用目的作調節，甚至解決 CO₂ 問題並使 CO₂ 成為其燃料，解決 Greenhouse effect，更展現 SOFC-MEA 對未來人類具無限貢獻。
4. 完成研製 PC-FC(P-SOFC)-MEA 相關電池元件奈米級材料 BSAF/BYCZ/BSSC，並小型生產 BYCZ 100 g 提供中央大學“先進 SOFC 質子傳輸膜性能規範及驗證”計畫使用。有效培育人才，解決新能源之社會迫切需求議題。
5. 建立電漿噴塗研製 SOFC 之關鍵技術，掌握各種機會期待開創電漿噴塗能源應用之產業，提升社會福祉及環境安全永續發展。
6. 自製 SOFC 用燃料重組產氫觸媒(Pt/CeO₂/Al₂O₃)，經測試具抗積碳能力及具長效性之優點，天然氣(Natural Gas)轉化率>95%，耐高溫 1000°C 以上，可克服商業化觸媒積碳及粉化等問題，未來可望推廣應用於國內各加氣站之小型重組製氫設備，對產業界與民生用途必有實質之貢獻。
7. 若儲氫匣氫氣釋放效能顯著提昇，將有助於氫能經濟之施行，可藉由中央儲氫或分散儲氫系統，做為氫氣運輸或儲存的運作方式，應用於農業、交通運輸、住家或社區發電系統之用，可有顯著的節能減碳效益。

五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重10%)

1. SOFC-MEA 製造技術層次高，各國對相關核心技術皆採保護，無法技術引進，本計畫結合國內研發能力，由政府投資，自力發展，佈局專利內涵，未來方可在世界能源市場，搶攻利基市場，增進人民福祉。
2. 計畫內部進行檢討針對電池堆性能衰退問題，提出改進電池材料及結構之方法，有效發揮團隊能力，完成相關改善及測試工作，衰減率已顯著降低。
3. 自製 SOFC 用天然氣重組產氫觸媒(Pt/CeO₂/Al₂O₃)，經測試具抗積碳能力及具長效性之優點，天然氣(Natural Gas)轉化率>95%，耐高溫 1000°C 以上，可克服商業化觸媒積碳及粉化等問題，可望推廣應用於國內各加氣站之小型重組製氫設備，未來將尋求台灣中油公司之合作計畫。

4. SOFC 計畫已逐步展現具體研發成果，並普獲肯定；正積極與國內業界如中油、中鋼公司，洽談合作開發事宜，落實技術產業化的目標。
5. 派員赴加州大學聖地牙哥分校能源研究中心做短期研究訪問(9 月 26 日~11 月 22 日)，促進國際交流合作。
6. 在儲氫材料與技術發展方面分別和 MIT、NIST 以及 Pen State Univ. 的合作，以本所自製的 Pt/AC 式樣，在不同的技術都確認 Pt/AC 試樣吸氫的外溢機制(spillover)，這是國內外以往以其他儲氫試樣，都無法成功獲得的結果，顯示本計畫製作的試樣有其優越的吸氫特性。

柒、與相關計畫之配合

- 一、配合能源計辦，提出 Taiwan 與 Caltech 能源研究計畫構想書，擬就 SOFC 電池堆組件高溫機械性能，電池堆破損機制分析和裂縫於各接合件內及接合介面間之成長行為等，與 Caltech 建立共同之研究團隊。提出 Taiwan 與 Caltech 能源研究計畫“電感電漿合成 perovskite 材料”，爭取參與國外研究機構合作之機會。SOFC-MEA 之 cell test 與 stacking 工作上下游合作無間，可有效作完全配合。完成國際合作計畫徵求：Taiwan 與 Caltech 雙方相關能源研究---[INER-SOFC-MEA-國際合作計畫構想書(Fuel Cells)]送交能源國家型科技計畫中區辦公室，Fuel Cell 項目之審查會議通過 Caltech 國際合作徵求計畫第一階段審核。
- 二、SOFC-MEA 之 cell test 與 stacking 工作上下游合作無間，可有效作完全配合。
- 三、自製SOFC用天然氣重組產氫觸媒(Pt/CeO₂/Al₂O₃)，經測試具抗積碳能力及具長效性之優點，天然氣(Natural Gas)轉化率>95%，耐高溫 1000℃以上，可克服商業化觸媒積碳及粉化等問題，可望推廣應用於國內各加氣站之小型重組製氫設備，未來將尋求台灣中油公司之合作計畫。
- 四、儲氫材料與技術之發展與應用和美國 MIT 及 NIST 合作，以非彈性中子散射量測氫氣吸附特性，顯示核研所製備的 Pt/AC 試樣，的確可以顯示氫分子經由 Pt 奈米顆粒分解而消失的現象，說明吸氫 spillover 的現象，對於國際間對此問題的爭執，可以明確說明的確有此機制，可以提升吸氫量。此外，也和 Pen state 的 Angela Lueking 教授合作，驗證不同充氫方式將影響吸氫量。

捌、後續工作構想之重點

- 一、電池元件及材料技術研發方面，已於本年度建構重要設備 10 kpsi Laminator，完成安裝測試、驗收、運轉與研製進步型 INER-SOFC-MEA (1st and 2nd Generation產品)，供測試特性鑑定，與作成測試報告、建檔並於 101 年度試產；建構SOFC-CO₂-ECC測試系統，已完成測試、驗收、運轉，將於 101 年度執行相關SOFC使用於CO₂能源轉化試驗，

- 二、繼續研製 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ MSC 電池片，分析及討論實驗結果，同時精進 MSC 電池片製程及相關技術，提昇元件之穩定度及可靠度，提供做為系統開發所需之電池堆組件。
- 三、規劃將電池堆、燃燒重組器、氣流分配盤及熱交換器組成一 SOFC 發電系統熱工驗證平台，並以鼓風機供應系統所需空氣。待驗證各熱工元件性能符合需求，且系統之邏輯控制亦能準確的控制系統，以電池堆與各熱工元件組成一 SOFC 發電系統進行測試。
- 四、完成以 CH_4 為燃料之電池堆測試，探討重組氣體濃度參數對電池堆效能之影響，以提供系統測試參考。另持續各式電池片之電池堆耐久性相關研究與測試，包括電池片耐久性之提升與連接板保護層材料與製程等，以提升電池堆耐久性之性能。
- 五、持續 2×2 陣列式 SOFC 電池堆數值分析，已完成 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 電池片相關分析結果，但為配合 2 kW 電池堆設計工作，預定將進行 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 電池片進行相關性能模擬工作。另持續 SOFC 系統熱工元件數值分析模擬工作，結果將提供系統參考。
- 六、持續製程自動化與標準化相關工作，進行新式電池堆模組化設計與測試，開發較快速而簡易之模組設計，以求降低電池堆整體之製作成本。進行各式電池片效能參數之分析與評估，持續材料高溫性質量測與各式電池堆之分析工作。
- 七、研製低熔點之 SOFC 玻璃陶瓷或混成密封材料與製程技術：(1)進行不同 Mica/GC9 混摻比例試片之高溫機械強度測試；(2)高溫封裝測漏效能驗證。
- 八、SOFC 金屬連接板熱處理、鍍膜製程及介面層材料研製：(1)持續進行 ss441/Ni/LSMO, ss441/LSMO, Crofer22APU/LSMO, ZMG232L/LSMO, Crofer22H/LSMO 等不銹鋼連接板披覆保護膜試樣於 800°C 高溫長時效之面積比電阻(ASR)量測；(2)NiO/Ag 混摻集電層材料研製；(3)鍍膜連接板與玻璃封裝材料接著界面及穩定性量測分析。
- 九、精進自製 SOFC 用天然氣重組產氫觸媒之合成、分析及測試；進行製程最適化改善、觸媒配方與製程申請專利保護、觸媒使用前後，以及製程中之觸媒材料分析、耐久性測試及觸媒檢測裝置申請專利保護。
- 十、儲氫匣氫氣儲氫及釋量效能之提昇，希冀達到少量試樣以 TGA 量測的結果，即超過 4wt% 的氫氣釋放量。

玖、檢討與展望

- 一、本計畫所開發之陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件所開發之重點在 Pmax 與 Durability 及 cost 等方面之全力研發改善；目前在最大輸出功率及低溫操作技術上已有突破，Durability 之目標需再加強，使劣化率低於 1%/kh。同時提高產品良率接近 100%，以做商業生產程序之準備。
- 二、自製 MSC 元件之性能已具突破性之成果，未來仍須配合電池堆組裝測試，驗證其耐久性，並改進電漿噴塗製程及硬體，由每次單片噴塗、雙片噴塗、肆片噴塗至 roll to roll 噴塗。
- 三、電漿噴塗所需的粉料不同於傳統的料材，著手研發所需的 SOFC 粉末材料，以確保料源之自主性及掌握所需的關鍵技術。
- 四、於重組器方面，開發新型非白金系天然氣重組觸媒製程為首要工作，觸媒之性能、穩定性與耐久性將影響重組器之整體表現，甚至左右整組系統之運作。
- 五、系統之發展方向，除了進行系統之組裝與測試外，個別元件之效能精進、元件組合設計、系統體積之最佳化、陽極回收循環、系統動態控制與效率提昇等皆為努力之方向。
- 六、電池堆之發展必須配合系統所需之規範外，電池堆效能之提升、電池堆組件之簡化、自動化組裝製程、新連接板材料之研發、連接板保護層製程、不同操作溫度之玻璃膠研製和玻璃膠性能之精進等皆為工作之方向，以提昇整體電池堆之耐久性、製程標準化和降低成本為目標。
- 七、SOFC 發電系統計畫之目標首重於系統之整合與測試，目前各組件已到位，正進行個別之效能測試，後續工作將組合系統並結合自行開發之控制程式，配合各元件之特性進行系統效能測試。
- 八、在少量試樣 TGA 量測時，顯示在壓力 20 psi 條件下也有不錯的吸氫能力，與 1000 psi 的吸氫量比較，約可達 70%左右，考量安全與價格之競爭力下，未來儲氫匣可朝低壓之程式運作。

填表人：李瑞益 聯絡電話：03-4711400 轉 6800 傳真電話：03-4711409

E-mail：rylee@iner.gov.tw

主管簽名：黃慶村

附錄一、佐證資料表

計畫名稱：高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用

【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
鎳基鈣鈦礦結構鍍膜對肥粒鐵系固態氧化物燃料電池連接板氧化層形成之效應	熊惟甲	2011	c			0254-0584, Materials Chemistry and Physics, 127, 1-2, 45~50 (SCI)
一種 SOFC 用玻璃陶瓷密封劑燒結體之高溫機械性質	張秀桃	2011	c			0378-7753, Journal of Power Sources, 196 / 7 / 3583-3591 (SCI)
應用於燃料電池陰極之鈦碲奈米碳管觸媒合成研究 Synthesis and evaluation of carbon nanotube-supported RuSe catalyst for direct methanol fuel cell cathode	鄭俊才	2011	c			0360-3199, International Journal of Hydrogen Energy, 36, 2011, 3997-4006 (SCI)
固態氧化物燃料電池之金屬連接板與陶瓷玻璃黏接強度分析	林志光	2011	c			3, 51, 2527- 2536 (EI)
以酒精為燃料之固態氧化物發電系統之規劃	洪文堂	2011	c			0306-2619, Applied Energy, 2011, Applied Energy 88, 3990-3998 (SCI)
陽極支撐具複合陰極固態氧化物燃料電池之製作與電化學特性評估 Fabrication and evaluation of electrochemical characteristics of the composite cathode layers for the anode-supported solid-oxide fuel cells	張揚狀	2011	c			1876-1070, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 42, 5, 775-782 (SCI)
以阻抗頻譜鑑定 YSZ 陽極支撐固態氧化物燃料電池之特性 Characterizations of the anode-supported solid-oxide fuel cells with an yttria stabilized zirconia thin film by the diagnosis of the electrochemical impedance spectroscopy	張揚狀	2011	c			0013-4651, Journal of The Electrochemical Society, 158, 3, B259-B265 (SCI)
SDC-SSC 複合陰極層之陽極支撐型固態氧化物燃料電池之製備與特性分析	張仁禎	2011	c	y1		0378-7753, Journal of Power Sources, 196/ 3129-3133 (SCI)
刮刀成形法製備具陽極功能層之鋳鈮摻雜鈾酸鋁基之固態氧化物燃料電池	粘勝輝	2011	c			1615-6846, Fuel Cells

						11, 2, 178~183 (SCI)
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	2011	c			0378-7753, Journal of Power Sources, 196/ 1932-1939 (SCI)
負載對電漿噴塗製備金屬支撐型中溫固態氧化物燃料電池電性的影響	蔡俊煌	2011	c			0378-7753, Journal of Power Sources, 197C, 2012, 145-153 (SCI)
靜電霧化法製備網狀鋁摻雜鈷酸鈣陰極膜之特性分析	張鈞量	2011	c			0955-2219, Journal of The European Ceramic Society, Accepted. (接受中)
以小角度中子散射探測室溫下氫分子在多孔性材質的空間分布情形	曹正熙	2010	c	N		1932-7447, Journal of Physical Chemistry C, 114/19895-19900 (SCI)
單一鉑原子在石墨烯氧化物的吸附行為：石墨烯的雙關能觸媒效應	曾怡仁	2011	c			1932-7447, Journal of Physical Chemistry C, 115, 24, 12023-12032 (SCI)
利用非彈性中子散射技術，研究活性碳擔持白金觸媒的氫溢出效應	曹正熙	2011	c			1948-7185, The Journal of Physical Chemistry Letters, 2, 2322-2325 (SCI)
發展固態氧化物燃料電池(SOFC)產業之策略	李堅雄	2011	a			太陽能及新能源學刊，14，1，18，21
1 kW 固態氧化物燃料電池系統之燃燒器以氫為燃料之燃燒特性研究	顏子翔	2011	a			31; Journal of Chinese Society of Mechanical Engineers(CSME)
肥粒鐵系連接板鈣鈦礦保護層製程及特性研究	楊朋	2010	e			2010 年中國材料科學學會年會，高雄/義守大學，2010-11-19~20
固態氧化物燃料電池之金屬連接板與陶瓷玻璃黏接強度分析	陳俊宇	2010	e			中國機械工程學會第二十七屆全國學術研討會，台北，2010-12-10~11

氫/氧流量比影響脈衝直流磁控濺鍍銅膜於不銹鋼基材之研究	劉建國	2010	e			中國機械工程學會第二十七屆全國學術研討會，台北科技大學科技大樓，2010-12-10~11
金屬連接板披覆摻鋇錳酸鋁陶瓷保護膜之研究	楊朋	2011	e			2011 年陶業年會，台北市 大同大學，2011-05-28
以磁控濺鍍法製備(Ti, Ta)N 薄膜及其熱穩定性研究	廖德勛	2011	e			2011 模具暨應用產業技術論文發表會，台北市，2011.09.01
金屬支撐型固態氧化物燃料電池性能測試與電熱流傳輸現象分析	柳輝忠	2010	e			中國機械工程學會第 27 屆全國學術研討會，台北科技大學，2010-12-10~11
燃料濃度與溫度梯度對固態氧化物燃料電池之熱應力影響	江烈光	2010	e			第五屆全國氫能與燃料電池學術研討會，台南，2010-12-17~18
SOFC 電池堆之模組化設計與性能測試	林弘翔	2010	e			第五屆全國氫能與燃料電池學術研討會，台南市，2010-12-17~18
SOFC BOP 規劃及熱工元件之開發	洪文堂	2011	e			第五屆全國氫能與燃料電池學術研討會，2010-12-17~18，台南市成功大學
金屬支撐型固態氧化物燃料電池性能測試與分析	柳輝忠	2010	e			第五屆全國氫能與燃料電池研討會，台南成功大學，2010-12-17~18
碎形理論應用於質子交換膜燃料電池氣體擴散層之熱傳導分析	羅世坤	2010	e			第五屆氫能與燃料電池學術研討會，台南成功大學，2010-12-17~18
固態氧化物燃料電池單元橫向阻抗量測與局部特性分析	程世偉	2010	e			第五屆全國氫能與燃料電池學術研討會，國立成功大學，2010-12-17~18

甘氨酸-硝酸鹽法製備鋇摻雜稀土元素陶瓷之合成與燒結性	高維欣	2011	e			第一屆兩岸/第五屆資源工程研討會，台南成大，2011.07.21~22
固態氧化物燃料電池膜電極組之製備及其電性測試	林泰男	2011	e			第一屆兩岸/第五屆資源工程研討會，台南成大，2011.07.21~22
以旋轉塗布法製作 GDC 為電解質之陽極支撐型固態氧化物燃料電池之研製研究 Fabrication of $\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{1.9}$ Electrolyte Film by Spin-coating Method for Anode-supported Solid Oxide Fuel Cells	楊榮澤	2011	e			中國化學年會，清華大學，2011-12-3~4
以甘氨酸-硝酸鹽法製備奈米級 BSAF 陶瓷粉體之製備與特性鑑定 Preparation and Characterization of Nano-scale $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Al}_{0.1}\text{Fe}_{0.9}\text{O}_{3-\delta}$ Ceramic Powders via Glycine Nitrate Combustion Process	李凌嵩	2011	e			中國化學年會，清華大學，2011-12-3~4
電漿噴塗製備金屬支撐型 ITSOFC 在 600-700 °C 操作	蔡俊煌	2010	e			2010 年材料學會年會，義守大學，2010-11-19~20
以靜電輔助超音波霧化沉積法製備鋇摻雜鈷酸鈣膜層之特性研究	張鈞量	2010	e			2010 年材料學會年會，義守大學，2010-11-19~20
負載對電漿噴塗製備 Ni/LDC-Ni/LDC/LSGM/LSGM-LSCF/LSCF 電性的影響	蔡俊煌	2011	e			2011 年中華民國陶業研究學會年會，大同大學，2011-05-28
以大氣電漿噴塗技術製備中溫型固態氧化物燃料電池之 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ - $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ 複合陰極	粘勝輝	2011	e			中華民國陶業研究學會 2011 年會暨學術論文發表會，大同大學，2011-05-28
不同奈米銀含量對中溫 SOFC 之電性影響	余任豐	2011	e			中華民國陶業研究學會 2011 年會暨學術論文發表會，大同大學，2011-05-28
靜電霧化沉積法製備鋇摻雜鈷酸鈣鍍膜與特性分析	張鈞量	2011	e			中華民國陶業研究學會 2011 年會暨學術論文發表會，大同大學，2011-05-28
氫氣外溢對於微孔碳材擔持 Pt 之儲氫行為影響	陳建宏	2010	e			第五屆全國氫能與燃料電池學術研討會，台南市成功大學，

						2010-12-17~18
高室溫儲氫量及高比表面積之金屬有機骨架材料研發	鍾翠芸	2010	e			第五屆氫能與燃料電池學術研討會，成功大學，2010-12-17~18
Pt/AC 試樣製備與特性分析	曾宜雄	2010	e			第五屆全國氫能與燃料電池學術研討會，台南市成功大學，2010-12-17~18
金雲母/SiO ₂ - B ₂ O ₃ - Al ₂ O ₃ - BaO - La ₂ O ₃ 玻璃混摻燒結體特性研究	劉建國	2011	f			219th ECS Meeting, Montreal, QC, Canada, 2011-05-01~06
固態氧化物燃料電池(SOFC)結合氣渦輪機(GT)應用於冷熱電聯產系統(CCHP)中之配置設計與性能分析	蔣小偉	2011	f			ASME Turbo Expo 2011, Vancouver, British Columbia, Canada, 2011-06-06~10
預氧化對於披覆摻鋁錳酸鋇之肥粒鐵系不鏽鋼微結構與電性之影響	楊朋	2011	f			國際亞洲材料大會(IUMRS-ICA)，台北世貿中心南港展覽館，2011-09-09~22
無電鍍鍍層對 SOFC 連接板不銹鋼材 SS441 之效應研究	熊惟甲	2011	f			2011 國際亞洲材料大會，台北市，2011-09-19~22
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	張鈞量	2010	f			The 18th Conference of the Electric Power Supply Industry，台北世貿，2010-10-24~28
奈米結構碳材擔持鉑之合成與鑑定 Synthesis and Characterization of Pt-doped Nanostructured Carbon	陳建宏	2011	f			第 12 屆國際材聯亞洲材料大會，台北南港展覽館，2011-09-19~22
合計：48 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)
SOFC 電池堆設計及組裝技術開發實驗室	核研所	e	
SOFC 發電系統設計及驗證實驗室	核研所	e	
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	
建置電漿噴塗鍍膜專業實驗室	核研所	e	
建置低密度多孔儲氫材料並開展儲氫匣運作實驗	核研所	e	
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
廖德勛	b	聯合大學材料系	林惠娟
劉彥廷	b	台灣大學材料系	連雙喜
程羿穆	b	台灣大學材料系	連雙喜
劉子豪	b	台灣大學材料系	連雙喜
趙國霖	a	台灣大學材料系	連雙喜
張軒維	b	中央大學機械系	施聖洋
劉建嘉	a	中央大學機械系	施聖洋
葉勁宏	b	中央大學機械系	林志光
洪豐偉	b	台灣經濟研究院	張行直
溫良成	a	淡江大學化學系	高惠春
彭彥瑜	b	淡江大學化學系	高惠春
施長志	b	淡江大學化學系	高惠春
解佳穎	b	淡江大學化學系	高惠春
劉思謙	a	台灣大學凝態科學中心	白偉武
合計	14 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
赴加拿大蒙特婁參加 SOFC XII 研討會公差報告	劉建國、李瑞益	2011	核研所
20 kW 級微型渦輪發電系統實驗測試及 SOFC/GT 混成系統	蔣小偉	2010	核研所

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	林惠娟、邱竣郁、廖德勛、許富淵	2011	核研所
多孔性燃燒室應用在高溫觸媒燒結之系統可行性研究	黃紀維、賴維祥	2010	核研所
高清淨鐵鉻合金粉末金屬連接器的開發研究	連雙喜、劉彥廷、劉子豪	2010	核研所
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	郭振坤	2011	核研所
創新加壓型固態氧化物燃料電池設計測試及模擬分析	施聖洋	2011	核研所
1-kW SOFC 系統自動化控制	譚學怡、李瑞益、洪文堂、黃正男、羅世坤、林世維、林明達、賴振坡	2011	核研所
固態氧化物燃料電池堆在中高溫條件下之效能評估	吳思翰、林弘翔、李大正、程永能、李鑽生、李瑞益	2011	核研所
高效能抗積碳奈米觸媒應用於 1kW 固態氧化物燃料電池系統中催化天然氣重組反應	許寧逸、曾華源、林素賢、邱顯都、黃婉敏、吳秀珠	2011	核研所
SOFC 電池堆接合件高溫耐久機械性能分析	林志光	2011	核研所
SOFC 技術標準與安規及應用市場研析	汪婉宜、洪豐偉、左峻德、鄭耀宗、陳心儀、張行直	2011	核研所
SOFC 金屬連接板熔射噴塗雙層金屬粉末鍍層的研究	程羿穆、姜勝文、連雙喜	2011	核研所
SOFC 高溫封裝用玻璃陶瓷材料與金屬及鍍膜層之界面反應研究	廖德勛、林惠娟、許富淵	2011	核研所
平板型 SOFC 開迴路特性分析	余冬帝	2011	核研所
燃燒重組器於固態氧化物燃料電池之分析	羅世坤、洪文堂、黃正男、譚學怡、林明達、賴振坡	2011	核研所
SOFC 氣流分配盤之開發及測試	黃正男、洪文堂、譚學怡、羅世坤、蔡禹擎	2011	核研所

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	黃大仁	2011	核研所
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	黃大仁	2011	核研所
甘氨酸-硝酸鹽法合成鋇摻雜稀土元素陶瓷粉體之燒結行為	高維欣、李茂傳、林泰男、張仁禎、李凌嵩、張揚狀、楊榮澤	2010	核研所
使用氫氣與甲烷作為燃料進行固態氧化物燃料電池膜電極組(S72-3)之特性分析及其電性測試	張揚狀、李茂傳、林泰男、高維欣、張仁禎、楊榮澤、李凌嵩	2011	核研所
以甘氨酸-硝酸鹽燃燒合成法 (GNCP) 製備奈米級釷摻雜氧化鈣 (GDC) 陶瓷粉體	楊榮澤、李茂傳、張仁禎、高維欣、張揚狀、林泰男、李凌嵩	2011	核研所
核能研究所固態氧化物燃料電池膜電極組(L5-2)之製備	林泰男、李茂傳、張揚狀、高維欣、張仁禎、楊榮澤、李凌嵩、程世偉	2011	核研所
具鎳陽極功能層之陽極支撐型固態氧化物燃料電池之製備及特性分析	高維欣、李茂傳、張揚狀、林泰男、李凌嵩、張仁禎、楊榮澤	2011	核研所
固態氧化物燃料電池膜電極組(S-86)之製備及其電性測試	張揚狀、李茂傳、林泰男、高維欣、程世偉、張仁禎、楊榮澤、李凌嵩	2011	核研所
以旋轉塗佈法製備陽極支撐型固態氧化物燃料電池用之 $\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{1.9}$ 電解質薄膜	楊榮澤、李茂傳、張仁禎、張揚狀、林泰男、高維欣、李凌嵩	2011	核研所
核能研究所固態氧化物燃料電池膜電極組(S101)之製備	林泰男、李茂傳、高維欣、張揚狀、張仁禎、楊榮澤、程世偉、李凌嵩	2011	核研所
以甘氨酸-硝酸鹽燃燒合成法(GNCP)製備奈米級鋇鋁鐵氧化物(BSAF)陶瓷粉體	李凌嵩、李茂傳、高維欣、林泰男、張揚狀、張仁禎、楊榮澤	2011	核研所
改善電流收集器以提升固態氧化物燃料電池之	張仁禎、李茂	2011	核研所

膜電極組輸出電功率	傅、楊榮澤、張揚狀、林泰男、高維欣、李凌嵩		
以旋轉塗佈法製備陽極支撐型固態氧化物燃料電池用之 Sm _{0.2} Ce _{0.8} O _{1.9} 電解質薄膜	楊榮澤、李茂傳、張仁禎、張揚狀、林泰男、高維欣、李凌嵩	2011	核研所
以電漿噴塗技術研製金屬支撐中低溫 SOFC 單片電池	楊永欽、盧亮宇、許仲毅	2011	核研所
網印技術於金屬支撐型固態氧化物燃料電池鎳鐵多孔基板之應用	張鈞量、黃振興、余任豐、蔡俊煌、粘勝輝	2011	核研所
赴美國參訪 Ralph T. Yang 教授於 University of Michigan 以及 Angela D. Lucking 教授於 Pennsylvania State University 之儲氫研究實驗室-出國報告	莊浩宇	2010	核研所
真空系統合成活性碳擔持白金複合材料其特性分析以及對於儲氫效能之影響	莊浩宇、曾宦雄、鍾翠芸、余明昇	2011	核研所
含氧官能基碳材擔持鉑金屬對室溫儲氫速率之影響	鍾翠芸、余明昇、曹正熙、陳建宏、莊浩宇、曾宦雄、曾惠萍	2011	核研所
白金擔持活性碳的三維斷層電子穿透影像研究	白偉武、蔣復國	2011	核研所
合計：36 篇			

【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)
金屬之面積比電阻量測方法	a	a	第 I335437 號	熊惟甲	核研所	2011.01-2027.07
SOFC 電池堆高溫測漏裝置	a	b	US7,849,730B2	雍敦元 劉建國 林金福 吳思翰	核研所	2007.11-2027.11
玻璃或玻璃-陶瓷組成物之封接方法	a	b	US7,908,884B2	劉建國 雍敦元 林金福 吳思翰	核研所	2008.01-2028.01
用於燃料電池之密封材料	a	b	US8,012,895B2	吳思翰 林金福 李瑞益	核研所	2008.09-2030.05

				劉建國 雍敦元 李鑽生 程麗君		
燃料電池之電性模擬裝置	a	a	第 I344618 號	余冬帝 王宏瑜 程永能 李瑞益	核研所	2011.07-2027.08
平板型固態氧化物燃料電池之電池堆流道	a	a	第 I344717 號	程永能 李瑞益 邱耀平 林金福	核研所	2011.07-2027.06
固態氧化物燃料電池陽極材料透氣率量測裝置	a	a	第 I346414 號	洪文堂 賴振坡 吳思翰 王宏瑜 李瑞益 李堅雄	核研所	2011.08-2027.10
SOFC 電池堆高溫測漏裝置	a	a	第 I346413 號	雍敦元 劉建國 林金福 吳思翰	核研所	2011.08-2027.10
固態氧化物燃料電池結構	a	a	第 I339456 號	王宏瑜 蔡禹擎 洪文堂 李堅雄 黃維屏	核研所	2011.03-2027.08
平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)移送裝置	a	a	第 I350815 號	林弘翔 李瑞益 程永能	核研所	2011.10-2028.10
燃料電池之電性模擬裝置	a	b	US7,902,792B2	余冬帝 王宏瑜 程永能 李瑞益	核研所	2007.10-2027.10
玻璃-陶瓷組成物之封裝材料	a	b	US7,897,530B2	劉建國 雍敦元 林金福 李瑞益 李鑽生	核研所	2008.01-2028.01
陽極處理程序以提升固態氧化物燃料電池之膜電極組輸出電功率密度	a	a	第 I336969 號	王俊修 李茂傳 林泰男 張揚狀 高維欣 林立夫	核研所	2011.02-2027.11

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	b	US7,914,636B2	李茂傳 高維欣 林泰男 張揚狀 王俊修	核研所	2007.09-2027.09
陽極處理程序以提升固態氧化物燃料電池之膜電極組輸出電功率密度	a	c	EP2107630A1	王俊修 李茂傳 林泰男 張揚狀 高維欣 林立夫	核研所	2008.04-2028.04
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	a	第 I338404 號	黃振興 余家和	核研所	2011.03-2026.09
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	EP1939967B1	黃振興	核研所	2006.12-2026.12
燃料電池量測裝置	a	b	US7,993,788B2	蔡俊煌 黃振興	核研所	2009.04-2029.04
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	b	US8,053,142B2	黃振興	核研所	2006.11-2026.11
用於金屬有機骨架材料(Metal-organic framework ,MOF)之儲氫罐裝置	a	a	第 I346412 號	余明昇 王誠佑 吳秀珠 廖秉彥 賴哲中 黃縉華 吳燕輝	核研所	2011.08-2027.10
一種儲氫材料之載流氣體輔助放氫方法及其裝置	b	a	第 M411502 號	曾宦雄 董成祥 余明昇	核研所	2011.09-2020.10
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	a	a	第 I337610 號	鍾翠芸 曹正熙 余明昇	核研所	2011.02-2027.12
高儲氫材料及其形成方法	a	b	US7,927,693B2	曹正熙 余明昇 曾怡仁 王誠佑 吳秀珠 鍾翠芸 簡俊清	核研所	2008.10-2028.10

				林立夫		
一種固態氧化物燃料電池之高溫爐	a	a	申請案號 100101368	李大正 程永能 吳思翰 林弘翔	核研所	
燃料電池接合結構及其製造方法	a	a	申請案號 100105324	劉建國 林金福 蔡坤釗	核研所	
燃料電池接合結構及其製造方法	a	b	申請案號 13/031,299	劉建國 林金福 蔡坤釗	核研所	
燃料電池接合結構及其製造方法	a	d (日本)	申請案號 2011-37022	劉建國 林金福 蔡坤釗	核研所	
固態氧化物燃料電池堆模組結構	a	a	申請案號 100115085	熊惟甲 劉建國 吳思翰 楊 朋 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	b	申請案號 13/169,791	林弘翔 李瑞益 程永能	核研所	
應用於燃料電池發電系統之燃燒重組器	a	a	申請案號 100134070	洪文堂 黃正男 蔡禹擎 譚學怡 羅世坤 林明達 賴振坡 程永能 李瑞益	核研所	
多功能固態氧化物燃料電池檢測裝置	a	a	申請案號 100137778	程世偉 胥耀華 程永能 李瑞益	核研所	
觸媒檢測裝置	a	a	申請案號 100122099	許寧逸 簡俊清 趙 裕	核研所	
觸媒檢測裝置	a	b	申請案號 13/175,914	許寧逸 簡俊清 趙 裕	核研所	
固態氧化物燃料電池發電系統用之燃料重組觸媒製作方	a	a	申請案號 100132490	許寧逸 簡俊清	核研所	

法						
固態氧化物燃料電池發電系統用之燃料重組觸媒製作方法	a	b	申請案號 13/239,560	許寧逸 簡俊清	核研所	
固態氧化物燃料電池堆模組結構	a	b	申請案號 13/277,618	熊惟甲 劉建國 吳思翰 楊 朋 李堅雄	核研所	
應用於燃料電池發電系統之燃燒重組器	a	b	申請案號 13/280,403	洪文堂 黃正男 蔡禹擎 譚學怡 羅世坤 林明達 賴振坡 程永能 李瑞益	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	b	申請案號 12/973,507	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	
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	d (日本)	申請案號 2010-279231	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	
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	c	申請案號 10196049.0	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之多孔金屬基板結構及其之製作方法	a	b	申請案號 13/178,662	黃振興 蔡俊煌 余任豐 張鈞量 林君孟	核研所	

				程世偉		
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	b	申請案號 13/167,121	黃振興 蔡俊煌 余任豐 張鈞量 林君孟 程世偉	核研所	
動態儲氫的裝置及其方法	a	b	申請案號 13/167,149	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	a	b	申請案號 13/206,025	曾宦雄 董成祥 余明昇	核研所	
利用中子穿透量測孔隙材料氫氣吸附量的方法	a	a	申請案號 100135476	曹正熙 余明昇 林金福 李瀛生	核研所	
提升活性碳擔持白金試樣(Pt/AC)體積儲氫量之創新作法	a	a	申請案號 100133751	余明昇 吳秀珠 莊浩宇 曾宦雄 董成祥	核研所	
合 計			取得 23 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
Radiometer VoltaLab 40 電化學量測系統操作手冊	雍敦元、劉建國、李瑞益	2011	核研所
SETRAM DHT 2050KN 高溫熱膨脹分析儀操作手冊	雍敦元、劉建國、郭清輝、李瑞益	2011	核研所
固態氧化物燃料電池堆封裝高溫動態洩漏率量測系統操作手冊	雍敦元、劉建國、林金福、吳思翰、郭清輝	2011	核研所
SOFC 供氣系統建置	林京立、程永能	2011	核研所
固態氧化物燃料電池用材料面積比電阻量測標準作業程序書 (第 3 版)	熊惟甲	2011	核研所
燃燒重組器在 1kW 固態氧化物燃料電池測試系統標準作業程序書	羅世坤、洪文堂、黃正男、譚學怡、林明達、賴振坡	2011	核研所
MARC 有限元素分析軟體操作說明書-5 cell 電池	江烈光	2011	核研所

堆範例			
SOFC 連接板網印製程標準操作程序書	楊朋、劉建國、吳思翰、程永能	2011	核研所
氣體高壓熱重分析儀操作手冊	曾惠萍、莊浩宇、余明昇	2011	核研所
以溫度程序脫附系統與氣相層析儀定量含氧官能基之標準操作手冊	鍾翠芸、陳建宏、余明昇	2011	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
金屬連接板披覆摻鋇錳酸鋁陶瓷保護膜之研究	2011 年陶業年會	a	2011/05/28	大同大學
以磁控濺鍍法製備(Ti, Ta)N 薄膜及其熱穩定性研究	2011 模具暨應用產業技術論文發表會	a	2011/09/01	台北市
甘氨酸-硝酸鹽法製備摻雜稀土元素陶瓷之合成與燒結性	第一屆兩岸/第五屆資源工程研討會	a	2011/07/21~22	台南成大
固態氧化物燃料電池膜電極組之製備及其電性測試	第一屆兩岸/第五屆資源工程研討會	a	2011/07/21~22	台南成大
負載對電漿噴塗製備 Ni/LDC-Ni/LDC/LSGM/LSGM-LSCF/LSCF 電性的影響	2011 年中華民國陶業研究學會年會	a	2011/05/28	大同大學
以大氣電漿噴塗技術製備中溫型固態氧化物燃料電池之 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ - $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ 複合陰極	中華民國陶業研究學會 2011 年會暨學術論文發表會	a	2011/05/28	大同大學
不同奈米銀含量對中溫 SOFC 之電性影響	中華民國陶業研究學會 2011 年會暨學術論文發表會	a	2011/05/28	大同大學
靜電霧化沉積法製備摻雜鈷酸鈣鍍膜與特性分析	中華民國陶業研究學會 2011 年會暨學術論文發表會	a	2011/05/28	大同大學

金雲母/SiO ₂ - B ₂ O ₃ - Al ₂ O ₃ - BaO - La ₂ O ₃ 玻璃混摻燒結體特性研究	219th ECS Meeting	b	2011/05/01~06	Montreal, QC Canada
固態氧化物燃料電池(SOFC)結合氣渦輪機(GT)應用於冷熱電聯產系統(CCHP)中之配置設計與性能分析	ASME Turbo Expo 2011	b	2011/06/06~10	Vancouver, British Columbia, Canada
預氧化對於披覆摻鋁錳酸鋇之肥粒鐵系不鏽鋼微結構與電性之影響	國際亞洲材料大會 (IUMRS-IC A)	b	2011/09/19~22	台北世貿中心南港展覽館
無電鍍鍍層對 SOFC 連接板不銹鋼材 SS441 之效應研究	2011 國際亞洲材料大會	b	2011/09/9~22	台北市
Synthesis and Characterization of Pt-doped Nanostructured Carbon	第 12 屆國際材聯亞洲材料大會	b	2011/9/19~22	台北南港展覽館
Fabrication of Ce _{0.8} Gd _{0.2} O _{1.9} Electrolyte Film by Spin-coating Method for Anode-supported Solid Oxide Fuel Cells	中國化學年會	a	2011/12/3-4	清華大學
Preparation and Characterization of Nano-scale Ba _{0.5} Sr _{0.5} Al _{0.1} Fe _{0.9} O _{3-δ} Ceramic Powders via Glycine Nitrate Combustion Process	中國化學年會	a	2011/12/3-4	清華大學
15 場次				

註：性質分成 a 國內研討會、b 國際研討會

【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	9 人	100 年
國防部	02717206	18 人	100 年
錦玉國際股份有限公司	05642340	12 人	100 年
合 計		39 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
聯合大學	SOFC 高溫封裝用玻璃陶瓷材料與金屬及鍍膜層之界面反應研究	795	2	100.01.01~100.12.31
台灣經濟研究院	SOFC 技術標準與安規及應用市場研析	720	2	100.01.01~100.12.31
台灣大學	SOFC 金屬連接板熔射噴塗雙層金屬粉末鍍層的研究	800	4	100.01.01~100.12.31
中央大學	SOFC 電池堆接合件高溫耐久機械性能分析	517	2	100.01.01~100.12.31
中央大學	創新加壓型固態氧化物燃料電池電池設計測試及模擬分析 II	800	3	100.01.01~100.12.31
淡江大學	$(R,M)_2(Zr,Ti)_2O_{7-8}$ 作為SOFC電解質材料的 研究開發	950	5	100.01.01~100.12.31
台大凝態中心	白金擔持活性碳的三維斷層電子穿透影像研究	300	2	100.01.01~100.12.31
合 計		4,882 千元	20 人	

附錄二、佐證圖表 (100 年度期末工作成果說明)

附錄三、100 年度期中審查意見回覆辦理情形

100 年度政府科技發展計畫期中審查意見回覆辦理情形

計畫名稱：高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用	
審查單位：核能研究所	
審 查 委 員 意 見	回 復 說 明
一、請說明技術發展地圖。	本計畫以執行奈米計畫及新能源計畫之基礎規劃四年期研發工作(99 至 102 年)，研究內容包括元件研製、電池堆組裝及系統建立等。技術之發展歷程在元件方面從粉料配製、電解質及單電極材料開發、半電池、單電池等持續精進電池元件之效能，並放大單電池元件之尺度；電池堆之技術發展亦從單片、三片、五片電池堆組裝開始，及至 500 W、1 kW 電池堆之疊製與測試；系統開發由各熱工元件之設計測試、BOP 規劃、控制邏輯擬定、啞電池堆組合測試，及至實際電池堆發電測試等。100 年度為計畫之第二年，各項工作皆依規劃之進度，完成研發工作並達期中設定之目標。儲氫材料研製也是從材料到儲氫匣應用測試，依規劃完成技術之開發。相關重點分述補充如下： <u>固態氧化物燃料電池發電系統：</u> 1. 密封材料專利：(1)獲得：材料配方、封裝方法、測漏設施。(2)申請：材料製程。 2. 電池堆專利：(1)獲得：流道設計、電池堆結構。(2)申請：測試設施、測試方法、自動化組裝。 3. 系統組件專利申請：重組器觸媒、燃燒及重組器一體化、燃燒器結構、系統整體設計、熱能回收方法與系統分析。 4. 綜合以上，本所於 SOFC 相關材料、電池堆及系統皆有獨特自主之專利

	保護。 5. 2011 年目標：發展 1~5 kW 系統，發電效率達 40%、衰減率 1.5%/1000 小時。 6. 2013 年目標：發展 1~10 kW 系統，發電效率達 40~45%、衰減率 0.7%/1000 小時。 <u>陶瓷基板支撐型元件：</u> SOFC-MEA 相關材料/元件之製作/測試技術與 durability 增進，並已供應電池堆組裝測試使用。 <u>電漿噴塗金屬支撐型元件：</u> 目前專注電池片研發，技術包括(1)基板製作及改質技術；(2)電漿噴塗 MSC 各功能膜層技術(緻密及多孔)；(3)MSC 電池片壓燒熱處理技術及；(4)小片(Button Cell)電池性能量測及分析技術。 <u>儲氫材料與技術：</u> 關鍵技術發展途徑：1 g 級具高儲氫材料的開發—儲放氫效果驗證—100 g 級具高儲氫材料製程的建立--儲氫匣儲放氫測試—200 W 以下功率負載系統測試—參與氫能燃料電池機車展示計畫—和廠商合作開發所需試樣的產量。
二、請說明國際專利地圖及佈局的現況。	<u>固態氧化物燃料電池發電系統：</u> 各國就所設計開發之產品密封材料、電池堆結構、系統架構三部分申請專利；另就創新但尚未具可行性者亦見申請專利。 <u>陶瓷基板支撐型元件：</u> 1. SOFC 技術國際發展經驗達 20 年以上，相關 SOFC-MEA 之材料與元件專利佈局甚廣，專利數量甚多。 2. 本計畫已獲得國內外專利 6 項，另審查中 24 項，內容含蓋 SOFC-MEA 相關之材料與元件製造技術，確保

	未來 SOFC 產業在我國具立足之能力。 <u>電漿噴塗金屬支撐型元件：</u> 目前已獲得奈米陽極歐盟及台灣各壹件，尚有 redox-stable 陽極、redox-stable 多孔基板及電漿噴塗製作 MSC 電池及方法等多項專利申請中。 <u>儲氫材料與技術：</u> 1. 已獲得項目：美國有關高儲氫材料及其形成方法的專利，及中華民國有關用於金屬有機骨架儲氫罐裝置之專利。 2. 申請中之項目：儲氫匣充氫裝置與充氫方法，提升氫氣釋放量之儲氫匣設計，提升體積儲氫密度之方法及中子量測吸氫能力技術之開發。 3. 未來擬申請之項目：高吸氫的氫氣泵原理、Pt/AC 試樣裝填方法、量化級 Pt/AC 試樣的製作、提升吸氫速率的方法等。
三、請說明因應國際專利現況的研發策略。	<u>固態氧化物燃料電池發電系統：</u> 本所於 SOFC 封裝材料及觸媒、電池堆流道及結構、電池堆測試設施及方法、系統組件、及系統整體設計與熱能回收方法等皆有完整之專利保護，雖部分正於審查中或準備提出，但整體而言專利布局尚稱完善。 <u>陶瓷基板支撐型元件：</u> 建製 HT-SOFC/IT-SOFC/LT-SOFC-MEA 全方位專利技術，使其具不同使用功能與效益，含已解決 CO₂ greenhouse effect 之功能，並以 CO₂ 為 SOFC 之燃料，達成 zero carbon emission 目標。 <u>電漿噴塗金屬支撐型元件：</u> 針對電池各極之成份、功能層配方、製程方法等皆為專利申請之目標。

	<u>儲氫材料與技術：</u> 了解並驗證可能的吸氫機制，並以分子動力模式說明藉由氫氣泵的作用，提升吸氫能力。此外，開發對微細粉粒試樣裝填方法，以降低充氫時間與效率；將目前開發每爐次 100 g 式樣的製程，擴大至更大量生產製程之建立，以及開發新的 Pt 擔持方法或改進活化方法以提升吸氫能力速率。
1. p.17、p18 所言：...日本福島地震...形成國際非核、反核、停核主流意見...； <u>請說明世界前 10 大經濟體的核能政策，以資佐證。</u>	謝謝委員指正，報告之內容進一步修訂為“形成部份國家(如德國)有反核聲浪高漲之情形”。
2. p.30 所言：...全世界反核與非核政策確定...； <u>請說明世界前 10 大經濟體的核能政策，以資佐證。</u>	同以上之說明。
四、經濟效益之說明過於空洞，建議嘗試補充說明：專利授權金額、所促成的產學合作計畫及內容。	由於國際上對於 SOFC 發電系統之需求量尚未達產業化之規模，相關廠商對於是否投注資金乃存觀望之態度，推動技術移轉之工作尚非短期可順利執行，故報告中以目前已與產業界就熱工元件、系統控制軟體、電性測試程序進行合作開發；與學界就連接板材、技術標準、密封材料、結構應力分析等進行合作研究等面向說明經濟效益的預期前景，有關產學合作內容已說明於資料表中。為擴大未來之經濟效益，在儲氫材料研製方面，將主動聯繫目前正進行氫能燃料電池機車展示運作計畫的國內廠商，依據其規格提供裝填本所製作的 Pt/AC 試樣儲氫匣，供其進行測試，若測試成效優於市售成品，則可以合作開發更大量試樣製作的裝置與方法，並共同展示電動機車的運作，屆時應有具體的經濟效益產出。

附錄四、100 年度期末審查意見回覆

核能研究所 100 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：高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用	
審查單位：核能研究所	
審 查 委 員 意 見	回 復 說 明
1. 本計畫執行各項指標皆符合預期，成效良好。 2. 惟後續工作構想完全沒有國際合作的規劃，殊為可惜，建議補充說明。	謝謝委員肯定。 (1) 100 年 10~11 月派員赴美國加州大學聖地牙哥分校能源研究中心研習 SOFC 相關技術，並就雙方未來可能的合作議題進行討論，目前本項作業持續進行中。 (2) 計畫施行過程中，積極與國際先進研究機構進行合作，為計畫的施行策略之一；例如曾派員赴德國 Julich 能源中心、瑞士 EPFL、美國維吉尼亞及喬治亞理工學院等等；100 年度中，並配合能源國家型計畫，分別就電池單元研製(ASC 及 MSC)及模擬分析等，提出 proposal 規劃參加國內與美國 Caltech 大學之合作計畫。 (3) 國際間認定 SOFC 技術深具挑戰，並具龐大的商機，相關的關鍵技術多採取保留而不輕易釋出。目前本所於電池單元、電池堆、系統組件之製作及開發均已有顯著成效；於 100 年度並成功完成 kW 級 SOFC 發電展示系統之建置及測試，充分掌握 SOFC 所需之關鍵核心技術，十分有利於國際合作關係的建立及國內 SOFC 能源產業的拓展。