

行政院原子能委員會 98 年度
政府科技計畫(期末)成果效益報告
(98.1.1 ~ 98.12.31)

計畫名稱：奈米科技在新能源之應用發展

執行期間：

全程：自 98 年 1 月 1 日至 98 年 12 月 31 日 止

本年度：自 98 年 1 月 1 日至 98 年 12 月 31 日 止

主辦單位：核能研究所

目 錄

壹、基本資料.....	1
貳、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	1
一、計畫目的.....	1
二、計畫架構(含樹狀圖).....	2
三、計畫主要內容.....	3
四、工作進度.....	4
(一)全程目標及執行成果(請參考附錄一~附錄三之圖表說明).....	4
(二)本年度目標及執行達成情形.....	7
五、計畫工作項目實施步驟及方法.....	14
六、計畫管理情形.....	16
七、重點技術或措施與國際之比較，並與本計畫目前成果作比較.....	16
八、目前碰到困難以及因應對策.....	18
九、已有重大突破及影響.....	20
十、98 年度作業計畫績效評核項目達成情形.....	22
參、計畫經費與人力執行情形.....	24
一、計畫經費執行情形：.....	24
(一)計畫結構與經費.....	24
(二)經資門經費表.....	25
二、計畫人力運用情形：.....	26
(一)計畫人力(人年).....	26
(二)主要人力投入情形(副研究員級以上).....	27
肆、計畫已獲得之主要成就與量化成果(output) (截至 12 月 31 日為止).....	29
伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome) (截至 月 日為止).....	34
一、學術成就(科技基礎研究) (權重 40%).....	34
二、技術創新(科技整合創新) (權重 40%).....	40
三、經濟效益(產業經濟發展) (權重 10%).....	49
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續) (權重 5%).....	51
五、其它效益(科技政策管理及其它) (權重 5%).....	52

陸、與相關計畫之配合	54
柒、後續工作構想之重點	55
捌、檢討與展望	57
附錄一、主要成就與量化成果清單	60
附錄二、98 年度期末審查意見回覆	76
附錄三、佐證圖表	89

計畫成果效益摘要(Abstract)

壹、基本資料

計畫名稱：奈米科技在新能源之應用發展
主 持 人：李瀛生
審議編號：98-2001-02-辛-05
計畫期間(全程)：98年 1 月 1 日至 98年 12 月 31 日
年度經費：102,345 千元 全程經費規劃：102,345 千元
執行單位：核能研究所

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的

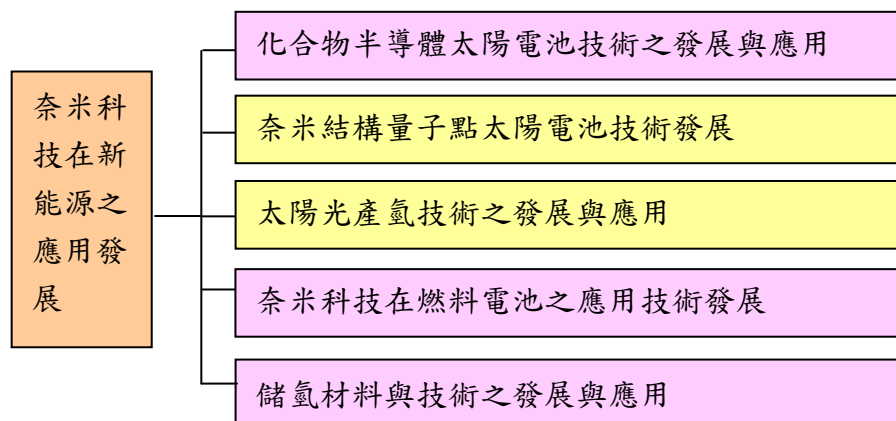
我國能源之自主性低($< 0.7\%$)，且國人平均二氧化碳排放量亦高於全球平均值，為兼顧能源、環保與經濟之發展，必須要在公平與正義之原則下分擔責任以面對全球溫室氣體之減量，且任何排放減量途徑應考量台灣產業的全球競爭力，因此必須利用先進材料及潔淨能源科技以確保台灣之能源安全並降低對環境的衝擊。

針對國內日益重視的環保能源問題，將奈米材料及奈米科技應用於新能源如燃料電池與太陽電池之研發，為符合政府科技發展政策目標之重要工作。本計畫乃配合政府政策，將奈米科技導入新能源系統之發展規劃，透過奈米技術與其產品，在整個產品生命週期過程中，使原料及能源更有效應用，並降低 CO_2 排放與能源消耗。其推動將有助於達成國家科學技術發展計畫之規劃，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。其研究總目標係規劃於六年內分別完成：(一)

建立III-V族高效率太陽電池製程技術，太陽電池能量轉換效率達45%以上。(二)開發高效率與低成本奈米結構無機有機混摻型太陽電池，電池元件轉換效率達10%及成本達美金0.5元/瓦。(三)開發氫能源，利用奈米光觸媒及太陽光直接分解水產氫，其氫氣產生量可達5000 μ mole/g•h，光電化學轉換程序效率達9%。(四)開發SOFC-MEA製造技術，其大小為15×15 cm²，功率密度600 mW/cm²@700°C，其耐久性達2,000 小時，衰減率<0.2%/1,000 小時(功率密度)。(五)提昇儲氫材料儲氫值，在室溫及10 MPa時，達8 wt%及70 kgH₂/m³以上。

※註：本計畫原規劃為奈米國家型計畫第二期執行計畫，期程六年(98~103)，因能源國家型計畫於98年6月成立，考量能源研究之整合性與整體性，本分支計畫於99年停止執行，各分項計畫轉移為能源國家型計畫，其中「化合物半導體太陽電池技術之發展與應用」及「奈米結構量子點太陽電池技術發展」兩分項移至「太陽光發電系統技術發展」分支下，而「奈米科技在燃料電池之應用技術發展」及儲氫材料與技術之發展與應用，移至「高溫氫能發電系統與儲氫材料技術發展」分支，另「太陽光產氫技術之發展與應用」分項計畫暫緩執行。

二、計畫架構(含樹狀圖)



三、計畫主要內容

本年度之研發目標分述如下：

(一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用

- 1.建立多接面太陽電池之 MOCVD 磊晶設備與技術。
- 2.開發低遮蔽率、低串聯電阻之電極圖樣及電極製作技術。
- 3.聚光倍率達 700×以上之製程技術建立。
- 4.多層光學鍍膜製程技術開發。

(二)奈米結構量子點太陽電池技術發展

開發太陽光吸收材料，無機量子點高分子混摻溶液材料及其研製技術。

(三)太陽光產氫技術之發展與應用

- 1.開發奈米級半導體氧化物光觸媒光電極材料及其研製技術。
- 2.實驗室型光觸媒太陽光產氫反應器之評估與設計。

(四)奈米科技在燃料電池之應用技術發展

- 1.ASC-Type(第二代)SOFC-MEA及相關陽極、電解質、陰極材料之生產與研製，供製作SOFC-MEA單元電池使用，其MEA大小為 $10 \times 10 \text{ cm}^2 \sim 15 \times 15 \text{ cm}^2$ ，功率密度 $400 \sim 600 \text{ mW/cm}^2$ (800°C)。其耐久性達 500 小時，衰減率 $< 2\%/1,000$ 小時。
- 2.MSC-Type (第三代)SOFC-MEA相關材料之研製程序開發，以 Ni+Fe/Ni金屬支撐基板為主，配合相關之電極與電解質(GDC 及 LSGM)，研製中低溫($600 \sim 800^\circ\text{C}$) SOFC-MEA。其MEA大小為 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ，最大功率密度達 $150 \sim 250 \text{ mW/cm}^2$ (600°C)， $500 \sim 600 \text{ mW/cm}^2$ (800°C)。

- 3.研製以CH₄為燃料之 SOFC-MEA，具抗劣化與抗S/C 雜質之能力，其中陽極以Cu等新催化材料取代以Ni為主之傳統材料。

(五)儲氫材料與技術之發展與應用

- 1.精進奈米材料，吸氫重量密度達 5.5~6 wt%，而吸氫容積密度可達 35~45 kg H₂/m³。
- 2.設計開發用於 100~150 W PEM 燃料電池之儲氫匣系統。

四、工作進度

(一)全程目標及執行成果(請參考附錄一~附錄三之圖表說明)

全程目標	執行成果	差異分析
1.建立 III-V 族高效率太陽電池製程技術，太陽電池能量轉換效率達 45%以上。	(1) 完成 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池的製作，在 133 個太陽聚光照射下，能量轉換效率為 37.1%，達成本年度的計畫目標。 (2) 完成抗反射膜Al₂O₃/TiO₂的參考波長變化對三接面太陽電池特性影響之研究。抗反射膜的參考波長於 300nm~350nm間，電池可獲得較佳的輸出電流特性。 (3) 完成 n-type 含銀(Ag)歐姆接觸電極之製程與聚光型太陽電池厚金屬電極製程整合，應用於三接面太陽電池的製作。 (4) 完成無塵室及 MOCVD 機台建置，以及砷化鎵單層磊晶生長條件之建立。 (5) 完成中科院委託案 1 件收入 280 萬元及技術轉移權利金收入 76.8 萬元。	符合目標

2.開發高效率與低成本奈米結構無機有機混摻型太陽電池，電池元件轉換效率達 10%及成本達美金 0.5 元/瓦。	(1) 建立量子點高分子太陽電池合成及元件製程實驗室。 (2) 開發建立無機量子點化學溶液合成之設備與技術，完成無機量子點CdSe、Bi₂S₃、Bi₂Se₃、TiO₂量子點材料溶液相合成能力。 (3) 建立太陽電池效率量測設備，並連接手套箱系統，可於控制之水氧值下進行元件效率分析。 (4) 完成環保型量子點太陽電池元件製備 ①PCBM/P3HT混摻系統其效率已達 3.5 %；②TiO₂/P3HT混摻系統其轉換效率已達 1.05 %。	符合目標
3.開發氫能源，利用奈米光觸媒及太陽光直接分解水產氫，其氫氣產生量可達 5000μmole/g•h，光電化學轉換程序效率達 9%。	(1) 建立水熱法合成奈米級TiO₂粉體光觸媒程序，可合成出粒徑 20-30nm之中孔高比表面積光觸媒粉體。 (2) 已建立產氫系分析設備，並連接 GC 分析系統，做線上連續分析產氫效率。 (3) 奈米級 TiO₂ 粉體光觸媒比表面積可達 150.98(m²/g)，高於商業化之P25 粉體觸媒比表面積 52(m²/g)約 3 倍左右，其氫氣產生速率可達每小時 7030 μmol g⁻¹h⁻¹。 (4) 研發粉體奈米鈦管，增加其電子傳輸並降低其電子及電洞再結合率，提升水分解產氫效率，其氫氣產生速率可達每小時 18036 μmol g⁻¹h⁻¹。	符合目標
4. 開發 SOFC-MEA 製造技術，其大小為 15×15 cm²，功率密度 600 mW/cm²@700°C，其耐久性達 2,000 小時，衰減率 <0.2%/1,000 小時 (功率密度)。	(1) 以 GNC Reactor 成功研製 SDC/GDC 奈米粉體，並以公斤級反應器進行實際生產。本項技術已完成中華民國專利申請。 (2) 進行INER-SOFC-MEA-W-69C (NiO + YSZ/ YSZ/ LSM)單元電池測試，其OCV=1.074(800°C)，P_{max}=339.14 mW/cm² (800°C)。經歷 2 次熱循環以 I=400 mA/cm² 進行耐久性測試，共計>6278 hr，V=0.606 V，P=242 mW/cm²，其衰減率約 2.5 %/1000 hr，顯示性能良好。前 500 hr 操作劣化率約為 0%/1000hr。 (3) 完成 60 片 (10×10cm²) INER-SOFC-MEA- W-Type	符合目標

	小型量產，以供INER-1kW-SOFC-Stack測試使用，達成特定計畫目標 (ASC-Type)。另試製完成SOFC-MEA(15X15 cm²) Anode Substrate 3 Pcs，繼續研發中。 (4) 完成直徑 5cm及 10×10cm²電漿噴塗金屬支撐電池片 Ni/Fe-LSCM-LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGM/LSCF-LS CF製作及特性量測。直徑 5cm電池電功率密度~1.3 W/cm² (0.6 V, 800°C), 0.98 W/cm² (0.6 V, 750°C), 0.7 W/cm²(0.6 V, 700°C), 0.43 W/cm²(0.6 V, 650°C), 0.23 W/cm² (0.6 V, 600°C)；衰減率~3%/1000hr。10×10cm²電池之功率密度為 667 mW/cm² (0.75V, 800°C), 600 mW/cm² (0.68 V, 750°C), 445 mW/cm²(0.6 V, 700°C) 衰減率~1.6%/1000hr。 (5) 改進ProboStat (NorECs AS, Norway) Button Cell進氣管，並使用新瑞橋的甲烷氣瓶作為甲烷源，測試陽極為(Cu(50%)+Ni(50%))/LDC之Button Cell電池片，得最大功率 600 mW/cm²(800°C)。短時間(<1 小時)內數據顯示並無積碳現象。 (6) 完成建立SOFC小流量測試系統，可供以CH₄為燃料氣體之小尺寸電池單元測試。	
5.提昇儲氫材料儲氫值，在室溫及 10 MPa時，達 8 wt%及 70 kgH ₂ /m ³ 以上。	(1) 目前每爐次尚維持在產量 10g級試樣，以其中 130mg 少量試樣量測時，吸氫值在室溫可達 11.4wt%，容積密度值>35 Kg H₂/m³，具有再現性，且在室溫約可釋放 85%。 (2) 將 5.5 g Pt/AC 試樣放置於儲氫匣中之不銹光鋼網單元載具內，則總放氫量估計約略大於 1.9wt%以上，依據釋放量之推估，總吸氫量至少為 2.9wt%。	符合目標

(二)本年度目標及執行達成情形

年度預期目標	達成情形	差異分析
1.化合物半導體太陽電池技術之發展與應用		
(1)MOCVD 磊晶系統設備	完成 MOCVD 磊晶系統設備與無塵室的建置，以及磊晶條件資料庫之建立。 查核點：1.完成 MOCVD 系統採購 2.完成 MOCVD 系統之建置與試運轉 執行情形：1.已於 2/28 完成 MOCVD 系統採購完成有機金屬氣相磊晶生長系統之採購與決標作業。 2.已於 10/31 完成無塵室及 MOCVD 機台建置，以及砷化鎵單層磊晶生長條件之建立。	符合目標
(2)聚光型太陽電池電極製作	完成聚光型太陽電池電極製作，太陽電池的串聯電阻在 $5.1\text{A}/\text{cm}^2$ 時為 $0.2\ \Omega$ 。 查核點：1.完成 n-type 含銀金屬歐姆接觸電極與聚光型太陽電池之整合製程 2.完成 p-type 含銀金屬歐姆接觸電極與聚光型太陽電池之整合製程 執行情形：1.完成 n-type 含銀金屬歐姆接觸電極與 InGaP/GaAs/ Ge 三接面聚光型太陽電池之整合製程。 2.完成 p-type 含銀金屬歐姆接觸電極與三接面聚光型太陽電池 InGaP/GaAs/Ge 之整合製程。	符合目標
(3)太陽電池製程	完成聚光型太陽電池在幾何聚光倍率大於 $700\times$ 時，輸出功率密度大於 $4.5\text{ W}/\text{cm}^2$ 。 查核點：完成堆疊式單體型三接面太陽電池製作，太陽電池在 100 個太陽聚光最大輸出功率密度大於 $4\text{ W}/\text{cm}^2$ 。 執行情形：完成堆疊式單體型 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池的製作，太陽電池在 133 個太陽聚光照射條件下的輸出功率密度為 $4.7\text{ W}/\text{cm}^2$ 。	符合目標
(4)多層抗反射膜鍍膜製程能力	完成 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_x$ 雙層抗反射膜鍍膜設計與應用於三接面太陽電池元件之製作條件。	符合目標
(5)報告產出	完成國外 SCI 期刊申請 3 篇。國內期刊發表 1 篇、會議論文發表 4 篇、研究/技術報告 8 篇、與專利申請 8 件；專利獲得 4 件(美國發明專利 3 件、中華民國發明專利 1 件)。	符合目標

年度預期目標	達成情形	差異分析
2. 奈米結構量子點太陽電池技術發展		
(1) 無機量子點製備技術及實驗設備之建立與運轉測試	建立合成無機量子點用之玻璃真空系統，完成無機量子點CdSe、Bi₂S₃、Bi₂Se₃、Si、TiO₂量子點材料溶液相合成能力，並進行性質量測及結構分析以改進量子點材料品質。 查核點：合成實驗室、元件製程實驗室及量測 執行情形：實驗室購案已於3月底提出，儀器設備相關購案於4月底完成。實驗室已於8/24完工。	符合目標
(2) 實驗室各項製程硬體採購及規劃、驗收與測試	已完成手套箱、蒸鍍機等各個太陽能電池元件製程設備之建置與試運轉 查核點：完成重要研發設備購案申購。 執行情形：已於4/30完成手套箱、蒸鍍機、旋轉塗佈儀等多項量子點高分子太陽能電池製程設備之採購規格建立及購案申請，且已完成各項設備之公開招標作業。	符合目標
(3) 結構特性量測技術設備之建立與測試	利用TEM、UV-Vis及Small-Angle XRD等儀器對量子點進行結構特性分析。 查核點：1. 建立製備P3HT/TiO₂太陽電池元件製程能力。 2. 初步完成CdSe和Bi₂S₃無機量子點合成。 3. 完成CdSe和Bi₂S₃無機量子點特性分析。 4. 初步完成Bi₂Se₃無機量子點合成。 5. 建立具有CdSe或Bi₂S₃太陽電池元件製程能力。 執行情形：1. 利用具導電性的小分子改質TiO₂奈米棒的表面所製備的P3HT/TiO₂有機太陽電池，於大氣環境下所製備其轉換效率已達0.9%。 2. 初步完成TiO₂、Bi₂S₃、CdSe及Bi₂Se₃等無機量子點溶液相的合成。 3. 6/30已藉由TEM、XRD、UV-Vis、PL等多項儀器對TiO₂奈米棒、Bi₂S₃奈米棒、Bi₂S₃奈米粒子及CdSe奈米粒子等無機量子點進行特性分析。 4. 初步完成Bi₂Se₃無機量子點溶液相的合成。 5. 成功建立P3HT/TiO₂及P3HT/PCBM(碳六十衍生物)兩種之量子點太陽能電池元件之製作技術；於大氣中研製P3HT/Bi₂S₃量子點太陽能電池元件之製作技術。	符合目標
(4) 研製與開發有機無機量子點太陽電池元件製程	完成環保型量子點太陽電池元件製備(1) PCBM/P3HT混摻系統其效率已達3.5%；(2) TiO₂/P3HT混摻系統其轉換效率已達1.05%。 查核點：1. 完成Bi₂Se₃無機量子點特性分析 2. 初步完成Si無機量子點合成。	符合目標

年度預期目標	達成情形	差異分析
(5)報告產出	3.建立具有Bi_2Se_3太陽電池元件製程能力。 4.完成 Si 無機量子點特性分析。 5.完成太陽電池元件效率測試。 執行情形：1.已藉由TEM、UV-Vis及Small-Angle XRD等儀器對Bi_2Se_3奈米棒進行光學性質及結構特性分析。 2.初步完成 Si 無機量子點溶液相的合成。 3.成功建立P3HT/TiO_2及P3HT/PCBM(碳六十衍生物)兩種之量子點太陽能電池元件之製作技術；並於大氣中研製P3HT/Bi_2S_3及P3HT/Bi_2Se_3量子點太陽能電池元件之製作技術。 4.已藉由 UV-Vis 儀器對 Si 無機量子點進行光學性質及結構特性分析。 5.完成環保型量子點太陽電池元件製備，進行元件效率最佳化。其中PCBM/P3HT混摻系統其效率已達 3.5 %；TiO_2/P3HT混摻系統其轉換效率已達 1.05 %。 發表國外期刊 1 篇，投稿 2 篇；研究報告 5 篇。	專利產出部份因第一年實驗室建立較晚，時間不足，預計於明年初完成專利之撰寫與投稿。
3.太陽光產氫技術之發展與應用 (1)奈米產氫觸媒及其效能研究 A.初步以TiO_2產氫觸媒能產生氫氣為目標 B.改質TiO_2產氫觸媒結構，以提升產氫效率 C.改變反應溶劑，以提升產氫效率 (2)建立以高壓汞燈照射光觸媒粉體，反應之產氫反應器及分析系統	產氫光觸媒之產氫效能，在高壓汞燈照射下，經由 GC 注射分析，已有氫氣及氧氣之信號顯示。 查核點：Sol-gel TiO_2之研製合成程序建立 執行情形：2/25 已可順利以sol-gel控制合成粒徑 20-30 nm之TiO_2。 產氫光觸媒經由添加La、Ag、Pt等貴重金屬改質後，在純水水分解反應下，其產氫效率平均可達 $250\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上，按進度完成。 改質後添加Pt之產氫光觸媒，在純水添加 0.15M 乙醇之水分解反應，其產氫效率平均可達 $1000\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上 建立以 400 W 之高壓汞燈照射之雙套管溫控反應器，能連續並定時線上採集分析反應所產生之氣體成分分析系統，均按進度完成。	符合目標 符合目標 符合目標 符合目標

年度預期目標	達成情形	差異分析
(3)設計氫氧分離之產氫反應器及分析系統	查核點：1.建立產氫照光系統設備規格及價格等資訊。 2.完成重要研發設備購案申購 執行情形：1.初步產氫反應測試系統已建立，待管路及真空系統建立。 2.已於 3/3 產氫分析光譜儀已順利招標完成購交貨。 完成由離子交換膜及雙面電極所組成之氫氧分離產氫反應器實驗室級原型設計，並於 2009 奈米展中展示。 查核點：1.完成氫氣檢量線製作。 2.完成產氫照光系統設備建置。 3.完成TiO₂產氫觸媒初步特性分析及性能改質。 4.完成TiO₂產氫觸媒效率測試。 5.完成改質TiO₂產氫觸媒特性分析及效率測試。 6.完成摻雜貴金屬之TiO₂產氫觸媒特性分析及效率測試。 執行情形：1.已於 4/1 完成氫氣檢量線製作。 2.已於 4/15 建立照光系統設備。 3.已完成TiO₂產氫觸媒參雜不同種類貴金屬及不同含量的貴金屬添加製備及分析。 4.6/26 已初步完成產氫觸媒效率測試。 5.已完成TiO₂產氫觸媒改質參雜貴金屬之光觸媒製備、特性分析及效率測試。 6.已完成TiO₂產氫光觸媒參雜貴金屬如：Pt、Ag、Ni等之光觸媒製備、特性分析及產氫效率測試。	符合目標
(4)報告產出	完成國外 SCI 期刊發表 2 篇，會議論文發表 3 篇，研究/技術報告 6 篇，專利申請 3 件、專利獲得 1 件。	符合目標
4.奈米科技在燃料電池之應用技術發展 (1)ASC-Type MEA，最大功率密度達 400~600 mW/cm² (800°C)，Dimension介於 10x10cm²~15x15 cm²，Durability達 500hrs Degradation Rate<2%/1000hr(4 %)	1-1 以 GNC Reactor 成功研製 SDC/GDC 奈米粉體，並以公斤級反應器進行實際生產。本項技術已完成中華民國專利申請。 1-2 進行INER-SOFC-MEA-W-69C (NiO + YSZ/ YSZ/ LSM)單元電池測試，其OCV=1.074(800°C)，P_{max}=339.14 mW/cm² (800°C)。經歷 2 次熱循環以 I=400 mA/cm² 進行耐久性測試，共計>6278 hr，V=0.606 V，P=242 mW/cm²，其衰減率約 2.5 %/1000 hr，顯示性能良好。前 500 hr 操作劣化率約為 0%/1000hr。	符合目標 SOFC-MEA-W69C 之P_{max} = 339.14 mW/cm² (800°C) 只代表本計劃生產之特定一件產品，其用於 Durability test，顯示Degradation rate ~ 0% (前 500hrs.)

年度預期目標	達成情形	差異分析
(2)MSC最大功率密度達 150~250 mW/cm ² (600℃)及 500~600 mW/cm ² (800℃)，電池電性衰減率<10%/1000 hr	1-3 完成 60 片 (10×10cm²) INER-SOFC-MEA-W-Type 小型量產，以供 INER-1kW-SOFC-Stack 測試使用，達成特定計畫目標 (ASC-Type)。查核點：1. 完成收集 SOFC MEA 研發設備規格、價格等資訊。 2. 完成收集 GNC Reactor 系統小型試產 LSGM 等 MEA 相關材料 3. 完成真空及奈米粉末處理系統及送粉裝置採購申請等重要研發設備購案發包 執行情形：1. 已完成 SOFC MEA 研發設備規格、價格等資訊之收集作業，正進行相關標的物之報價及採購中。 2. 已成功試產 2 批次，每批次約 240g 合計約 0.5kg，產品具合格 Crystal Structure。 3. 已於 4/14 完成安裝及驗收，並已加入實驗工作中。 完成直徑 5cm 及 10×10cm² 電漿噴塗金屬支撐電池片 Ni/Fe-LSCM-LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGM/LSCF-LSCF 製作及特性量測。直徑 5cm 電池電功率密度~1.3 W/cm² (0.6 V, 800℃), 0.98 W/cm² (0.6 V, 750℃), 0.7 W/cm² (0.6 V, 700℃), 0.43 W/cm² (0.6 V, 650℃), 0.23 W/cm² (0.6 V, 600℃)；衰減率~3%/1000hr。10×10cm² 電池之功率密度為 667 mW/cm² (0.75V, 800℃), 600 mW/cm² (0.68 V, 750℃), 445 mW/cm² (0.6 V, 700℃) 衰減率~1.6%/1000hr。(前 1000 小時)。 查核點：1. 電漿噴塗 MSC 特性分析及性能精進 2. ASC-MEA 電性測試陰極材料精進 3. 重要設備驗收 4. 電漿噴塗理論模式建立與初步計算 5. ASC-MEA 陽極精進改善測試與試產 6. ASC- MSC-Type 製程及參數精進及佳化 7. MEA Power Density 達 500 mW /cm² 執行情形：1. 已完成電漿噴塗 MSC 電池片 600~800℃ I-V-P 特性量測，也完成在 800℃ 及 700℃, 400 mA/cm², 500 小時長時效衰減測試。 2. 完成 INER-SOFC-MEA-CFL-01 (NiO+YSZ//YSZ/(YSZ+LSM)-LSM Cell) 測試，本 CFL-Series 測試列入下半年度重要工作。 3. 已於 8/31 完成重要設備驗收測試。 4. 完成電漿噴塗理論模式建立與初步計算技術報告 3 件。 5. 以新型 pore former 進行陽極基板之透氣	達成目標值< 2%/1Khrs.。 符合目標 符合目標

年度預期目標	達成情形	差異分析
(3)CH₄為燃料之 Button Cell電性量測及系統建立 (4)規劃及部份建置 CH₄為燃料之 SOFC-MEA測試系統，供各種Type MEA測試使用 (5)報告產出	率提升，可增進陽極反應與產物之質傳提升電池功率。 6.完成陰極層之材料與微結構及電性測試分析工作，確認陽極支撐型 SOFC 之電極與電解質之最佳搭配研究。 7.MSC/ASC SOFC-MEA 之 power density 高於 500 mW /cm²。 改進ProboStat (NorECs AS, Norway) Button Cell進氣管，並使用新瑞橋的甲烷氣瓶作為甲烷源，測試陽極為 (Cu(50%)+Ni(50%))/LDC之Button Cell電池片，得最大功率 600 mW/cm²(800°C)。短時間(<1 小時)內數據顯示並無積碳現象。 查核點：1.完成以CH₄為燃料MEA Cell測試系統之規劃。 執行情形：1.完成建立 SOFC 小流量測試系統，可供以 CH₄ 為燃料氣體之小尺寸電池單元測試。 完成建立SOFC小流量測試系統，可供以CH₄為燃料氣體之小尺寸電池單元測試 (1)國外期刊：4 篇(發表 2 篇+申請 2 篇) (2)會議論文：11 篇 (3)研究/技術報告：15 篇 (4)專利申請 11 篇，獲得 1 篇。 (5)國內期刊：發表 2 篇，另 1 篇已被接受。	符合目標 符合目標 符合目標
5.儲氫材料與技術之發展與應用 (1)儲氫材料每爐次可產 20g，而吸氫量在室溫及 10Mpa 壓力下，可達 5.5~6 wt%，而體積容積密度可達 35~45 kg H₂/m³。	1-1 目前每爐次維持在產量 10g級試樣，在以 130mg少量試樣量測時，吸氫值可達 11.4wt%，容積密度相當>35 Kg H₂/m³，並且在氫氣釋放量約為 85%。 1-2 將 5.5 g Pt/AC 試樣放置於儲氫匣中之不銹鋼網單元載具內，則總放氫量估計約略大於 1.9wt%以上，依據釋放量之推估，總吸氫量至少為 2.9wt%。 查核點：1.20 g 之量化製作設施的設計。 2.使用較便宜之 Pt/AC，其吸氫量可達 2.5 wt%。 3.完成每爐次至少 20g 之量化製作設施之購案。 4.進行 pellet 試樣製作之研究。 5.建立 pellet 試樣製作程序。	目前每爐次 10g 合成試樣，已可穩定滿足目標值。正依此製作程序，擴大為每爐次 20 g 試樣，以確認儲氫值是否仍然滿足目標值。
年度預期目標	達成情形	差異分析

	6.其吸氫能力達 35 g/l。 7.一種 20g 之量化試樣，其吸氫能力達 6wt% 以及 40g/l~45g/l。 8.蒐集累積至少 80g 試樣並製作 pellet。 執行情形：1.2/28 進行設計約 100g 之量化系統工作，並請相關廠商報價並完成 20g 之製作系統。 2.將景明及中碳公司產品，進行酸洗 40 分鐘及擔持 Pt 工作，並量測吸氫量，在室溫及 6.9 MPa 壓力下，前者約 2.5 wt%，後者約為 3 wt%。 3.已於 4/30 完成大於 20g 以上之製作系統設計與採購。 4.必須研磨方能成型，但影響吸氫速率。 5.試樣尺寸控制在 1 μm 以下，成功壓成 pellet。 6.目前量化樣品 Pt/AC，吸氫能力趨近 35g/l，20 小時已可釋放 5.5g/l 氫氣，還在改善中。 7.每爐次製作 10g 之 Pt/AC，其吸氫能力可達 11 wt% 及大於 35g H₂/cm³，預計每爐次 20g 試樣也有同樣能力。 8.量化試樣可製備成 pellet，然很易崩壞，現階段尚未發現其優勢。反而將 Pt/AC 累積約 80g 之試樣，放置於不銹鋼網製作之成串單元載具內，可獲得較佳之儲放氫行為。	
(2)3W 儲氫匣系列之展示	以 550cc 儲氫罐，裝填約 55g 的試樣，並於 1000psi 壓力下充氫，可推動 120 W 滑板車，在載重 50 公斤條件下，運作約 14 分鐘。 查核點：1.持續進行 10~100 W 儲氫匣系統運作。 2.以傳統方法製作試樣，確認其吸氫量仍可維持 10 wt% 以上 3.進行研磨對吸氫之影響研究 4.生產每爐次至少 20g 之量化試樣 5.100~150 W 儲氫匣運作測試 執行情形：1.持續製備 10g 級 Pt/AC 的試樣，提供 75W 監控系統測試，惟效果尚未突破。 2.改變為以圓底瓶及熱包控制溫度加熱，尚無法得到 10wt% 的吸氫量。 3.尺寸小於 1μm 或大於 25μm，吸氫速率相當慢。 4.目前每爐次尚維持在產量 10g 級試樣，待建立標準製備 Pt/AC 試樣程序。	符合目標

年度預期目標	達成情形	差異分析
(3)報告產出	5.將此儲氫匣安裝於 120W 功率之滑板車上，在載重 50 公斤條件下，可運作 14 分鐘。 國外期刊發表 2 篇，投稿 4 篇；國內期刊 1 篇，研究報告 5 篇，專利申請 1 案(3 件)。	原擬參與國外會議 2 篇論文，因無出國名額，故改投國外期刊 1 篇；另 1 篇擬參與國內會議，因故改於國內期刊發表。

五、計畫工作項目實施步驟及方法

(宜詳實記載並附佐證文件)

工作項目	實施步驟及方法
(一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用	1.完成抗反射膜$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$的參考波長變化對三接面太陽電池特性影響之研究。抗反射膜的參考波長於 300nm~350nm 間，電池可獲得較佳的輸出電流特性。 2.完成 n-type 含銀(Ag)歐姆接觸電極之製程與聚光型太陽電池厚金屬電極製程整合，應用於三接面太陽電池的製作。 3.完成 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池的製作，在 133 個太陽聚光照射下，能量轉換效率為 37.1%，達成本年度的計畫目標。 4.完成無塵室及 MOCVD 機台建置，以及砷化鎵單層磊晶生長條件之建立。
(二)奈米結構量子點太陽電池技術發展	1.建立量子點高分子太陽電池合成及元件製程實驗室。 2.開發建立無機量子點化學溶液合成之設備與技術，完成無機量子點CdSe、Bi_2S_3、Bi_2Se_3、TiO_2量子點材料溶液相合成能力。 3.進行TiO_2表面改質並提高其晶體結晶性。 4.建立太陽電池效率量測設備，並連接手套箱系統，可於環境控制下進行分析元件效率。 5.完成環保型量子點太陽電池元件製備，進行元件效率最佳化： (1)PCBM/P3HT 混摻系統其效率已達 3.5 % (2)TiO_2/P3HT 混摻系統其轉換效率已達 1.05 %
(四)奈米科技在燃料電池之應用技術發展	1.SOFC-MEA 研發： (1)選定突破之關鍵技術 - A.奈米與次微米之相關電極與電解質材料研製。 - B.以 Thin film 技術建構薄膜(微米級)氣密電解質層製作技術。 - C.Fine ceramic 元件加工技術，滿足電極透氣率與高機械強度要求。

	D.電池之電性測試設備及技術。 (2)自行研發/合作研發/技術引進/策略聯盟 A.上述相關技術皆自行研發及建立設備。 B.目前正準備與歐盟技術合作，共同開發高性能 SOFC- MEA (MSC-Type)。 C.由於 SOFC-MEA 技術為國際間競爭主項，因此極難技術引進。 D.目前與國內大學以委託案方式進行合作主題研發，將結合國內產業界及國際研發/生產機構進行策略聯盟，以加速計劃推進速度及邁向產品商業化。 (3)時程規劃 A.2010~2014：國內小型量產 SOFC-MEA 供研發使用。 B.2014~2018：技轉國內與國際廠商，同時使產品可靠度提高，達到降低價格目標。 C.2018~2022：正式產品上市，滿足市場需求，進行量產，搶攻商機。 2.電漿噴塗研發： (1)以自行開發之高電壓(>80V)中電流(<550A)大氣電漿噴塗技術及獨創之多氣式混合器產生高溫高速電漿火焰，完成金屬支撐 SOFC 膜層之鍍膜工作。 (2)開發多孔鎳基板改質技術，將基板改質成高透氣高強度鎳鐵基板。 (3)完成Button Cell、Φ5cm及 10×10cm²電漿噴塗金屬支撐電池片 Ni/Fe-LSCM-LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGM/LSCF- LSCF 製作及特性量測。
(五)儲氫材料與技術之發展與應用	(1)以 1g 少量試樣以加熱板製作的經驗中，未能穩定產生具有相同吸氫能力之試樣，有時吸氫能力可以達 11 wt%，有時吸氫能力較低。 (2)利用加熱包方式控制加溫速率及控制溫度的維持時間，建立最佳化之酸洗及擔持 Pt 條件，前者以 SAXS 確認最佳孔洞結構，後者則以吸氫量測，確認最佳 Py 擔持條件。 (3)經改善後控制加熱包的加溫速度及溫度和時間，並控制溶液 pH 值後，目前製作之 10g 級試樣，雖吸氫速率稍低，但已可回復至原來之儲氫能力 11.4 wt%。 (4)為量測較多數量試樣堆積於儲氫匣內，經吸氫步驟量測其氫氣釋放量及了解其氫氣釋放行為，特別設計並組裝一套儲氫匣儲放氫測試系統，藉由釋放速率控制計算其氫氣釋放量，目前不準度可精確至 0.03%。 (5)將 5.5 g 最佳吸氫能力之 Pt/AC 試樣，放置於儲氫匣中之不銹光鋼網單元載具內，則總放氫量估計約略大於 9wt%以上，依據釋放量在穩定壓力狀態下可以釋放 65%，依此推估，總吸氫

	量至少為 2.9wt%。 (6)製備量化試樣並累積足夠的試樣，然後將 5.5g 之試樣再放入體積約 550cc 的儲氫匣內，依據上述測試的經驗填充氫氣，再連接滑板車上功率約為 120W 之 PEM 燃料電池系統，並改進氫氣釋放方法，已可將此儲氫匣藉由氫氣釋放，原本運作 75W 的監視系統由 7 分鐘的時間，提升到運作功率約為 120W 之滑板車，持續 14 分鐘的馳騁。
--	--

六、計畫管理情形

本計畫歸屬 2009 奈米國家科技計畫內，對內(本所、原能會)、對外(奈米國家型計畫辦公室、研考會施政計畫管理系統及 GRB 網路系統)，皆按時提報各項報告(如作業計畫、季報、期中報告、年報及執行成果效益表等)。

七、重點技術或措施與國際之比較，並與本計畫目前成果作比較

計畫之重點技術或措施	與國際之比較	與計畫目前成果之比較
(一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用	1. 目前國際上以美國 Spectrolab 公司所發表的 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池能量轉換效率 41.6%(在~250 個太陽聚光照射下)為最佳。	1.本年度完成 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池的製作，太陽電池在 133 個太陽聚光照射下，能量轉換效率為 37.1%。
	2.目前國際上所發表的 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池其 n-型歐姆接觸電極之製作大多以金屬金(Au)為主的電極；而聚光型太陽電池厚金屬電極則包括以金屬金(Au)為主與金屬銀(Ag)為主的兩種金屬厚電極製程。	2.本年度完成適用於 III-V 族化合物砷化鎵系列材料的 n-型與 p-型含銀(Ag)歐姆接觸電極之製程開發，並且完成 n-型含銀(Ag)歐姆接觸電極製程與聚光型太陽電池厚金屬銀電極製程之整合，應用於 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池的製作。
(二)奈米結構量子點太陽電池技術發展	國際上，量子點高分子太陽電池中以 C60 之衍生物(PCBM)與導電高分子 P3HT 混摻之系統目前以 A.J. Heeger 之研究團隊所製備之效率值為最佳，約 5%；而以 TiO ₂ 與 P3HT 混摻系統的太陽電池則以 M. McGehee	1.完成包括無機量子點 TiO ₂ 、Bi ₂ S ₃ 等之合成能力，但其應用於太陽電池元件時，效率仍較碳簇系統低。須持續對其型態、結晶性或其表面性質進行改質，以符合太陽電池元件之需求。 2.元件製備方面於(1)PCBM/P3HT

	之研究團隊為最佳，效率值約 0.9%。	混摻系統其效率達 3.5 %；(2) TiO ₂ /P3HT混摻系統其轉換效率已達 1.05 %；已達國際上之水準。為能持續精進太陽電池效率，除在合成方面進行改進外，在製程方面仍有改善之空間。
(三)太陽光產氫技術之發展與應用	目前外國學者以S. S. Rayalu等人研發的觸媒eo-Y/TiO ₂ / Co ²⁺ /HPA (PC-4)在 4.76 vol%乙醇水溶液中，以 200W 鎢絲燈反應，可產生 9477 $\mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$ 的氫氣量為最佳。	以sol-gel法製備開發奈米級中孔洞粉體光觸媒，製備出高BET比表面積之TiO ₂ 奈米光觸媒製程技術。奈米級TiO ₂ 粉體光觸媒比表面積可達 150.98 m^2/g ，高於商業化之P25粉體觸媒比表面積 52 m^2/g 約 3 倍左右，其氫氣產生速率可達每小時 7030 $\mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$ 。 再以水熱跟鹼溶法製備奈米鈦管，可製備出高比表面積 381 m^2/g 的光觸媒，其產氫效率可高達 18036 $\mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$ 。
(四)奈米科技在燃料電池之應用技術發展	國際SOFC-MEA商品主要來自歐盟之德國與瑞士，其Dimensions為 10×10 cm^2 ，最大 Power Density 達 600 mW/cm^2 ，Durability測試達數千小時。操作溫度 700~800℃。而日本與美國SECA參與公司，並無外釋單元電池產品，但其目前規格Dimensions已達 25×25 cm^2 ，Power Density 達 600 mW/cm^2 ，Durability 達 5,000hrs以上(最長 25,000 hrs 以上)，Degradation Rate 約 1.3%/1000hrs，運轉溫度約 700~800℃。	1. INER 自製 SOFC- MEA (含 ASC-Type 與 MSC- Type) 其Dimensions為 10×10 cm^2 ，最大 Power Density達 500 mW/cm^2 以上，Durability測試達 7,000 hrs, Degradation Rate 約 2.5 % / 1000hrs。已具小型量產規模與能力。未來將邁向高功率，高穩定度與耐久性及適合中低溫(600~700 ℃)運轉單元電池發展。同時考量生產成本及增加單元面積 25×25 cm^2 。 2. 本所之電漿噴塗研製之金屬支撐電池片電性及穩定度均達世界水平。
(五)儲氫材料與技術之發展與應用	請參考附表 1.1，以少量試樣之吸氫能力，已超過美國 DOE 設定 2010 年之儲氫重量密度值 6 wt%。	依照計畫預定目標，皆達成目標值。

附表 1.1

比較項目	國內 INER		國外 Bourlinois(希臘)
儲氫材料	Pt/AC 1g 級	Pt/AC 10g 級	PdHg/C ₂ OH -----
儲氫重量密度 (wt%)	11 wt% (RT, 6.9 MPa)	11 wt% (RT, 6.9 MPa)	8 wt% (RT, 8MPa)
儲氫容積密度 (Kg H ₂ /m ³)	45 (RT, 6.9 MPa)	~40 (RT, 6.9 MPa)	~40 (RT, 8 MPa)
儲氫速度	約 120 小時達飽和	約需 530 小時以上	評估約 72 小時吸氫
氫氣釋放情形	20 小時釋放 90%	約 5 小時釋放 85%	幾乎完全釋放
儲氫匣運作		~100W 滑板車運作	-----

八、目前碰到困難以及因應對策

(一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用

困難：

由於本所在磊晶機台的建置時間較晚，磊晶關鍵技術的建立起步較慢，短期間內要有突破性進展的挑戰性相當高。

因應對策：

除需爭取充分的人力與應用其他資源投入研發工作，加強計畫參與同人員的教育訓練，積極展開自我培訓，加速研發速度，以縮短與國際水準的落差；另一方面，亦要延攬具 GaAs 系列材料磊晶經驗的人力加入研發團隊，期望能在較短的期間內建立磊晶關鍵技術，突破技術瓶頸，迎頭趕上國際水準。

(二)奈米結構量子點太陽電池技術發展

困難：

- 1.目前所合成出之無機量子點TiO₂已可使用於太陽電池上，但元件效率仍偏低；另外，多激子量子點Bi₂S₃，目前合成之產率偏低，需再進一步改進。
- 2.於太陽電池製程方面，目前僅能製備小面積之元件，於塗佈大面

積之太陽電池時，薄膜之不均勻性將會大幅降低轉換效率。

因應對策：

- 1.改變不同之反應物和反應條件，嘗試合成出不同大小之量子點，增加其結晶度，並對量子點表面進行改質，提高與高分子混摻時之均勻性。
- 2.嘗試不同之共溶劑，或混合溫度與時間，以提高塗佈時薄膜之均勻性。或改變不同之塗佈製程，如超音波噴塗，直接進行大面積之太陽電池製備。

(三)太陽光產氫技術之發展與應用

困難：

目前光觸媒水分解產氫之效率已達一定之水準及成果，但在壽命上仍顯不足，需再進一步增加其老化及抗毒化性。

因應對策：

研擬添加少量金觸媒增加光觸媒活性及抗 CO 毒化性。

(四)奈米科技在燃料電池之應用技術發展

困難：

- 1.重要設備（如 Laser Cutter, High Temp. Furnaces）因經費受限，需逐年增購，無法一次到位及人力世代交替，訓練與經驗傳承，需同時進行，影響計劃進度。
2. SOFC 牽涉技術層次甚高，需全部自力開發，創新工作項目，負荷甚重；其產業尚未成熟，企業尚屬觀望階段，無法立即技轉而創造經濟利益。
- 3.高溫固態氧化物燃料電池之研發，國內起步較慢，由於高溫物性複雜，困難度較高。

因應對策：

- 1.經費與人力能連續性支援計劃，加速計劃進度與產品之精純度。
- 2.加強國際資訊獲得與合作開發計畫，提高技術能力，突破瓶頸。
- 3.精進研發技術，提昇研發產品之品質、可靠性及降低製作成本。

(五)儲氫材料與技術之發展與應用

目前在 10~20g 級量化試樣製備，以 100~200 mg 少量試樣量測，

依然能維持 11 wt%之高吸氫能力，惟在~10g 級量化試樣裝填、除氣、活化、充氫等因素下，氫氣釋放量尚未達成應有的水準，尚待少量試樣更基本的探討：諸如鉑的氧化態、鉑的活化對吸氫影響等，或者量化試樣經歷更多的測試及測試方法與步驟之改善等，都應該改善此差異，獲得應有的氫氣釋放量。

九、已有重大突破及影響

(一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用

化合物半導體太陽電池技術之發展與應用計畫於本年度的研發過程中完成含銀(Ag)歐姆接觸電極與厚金屬銀(Ag)電極製程之整合，並且實際應用於聚光型 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池的製作，太陽電池在 133 個太陽聚光照射下，能量轉換效率為 37.1%，已超越可商品化的要求標準。而經實驗量測結果顯示，以金屬銀製作完成的太陽電池之電極與一般習用的金屬金(Au)為主的電極在特性上不分軒輊。另一方面，以銀歐姆接觸電極與厚金屬銀電極取代一般習用的金歐姆接觸電極與厚金電極，除可大幅減少貴重金屬金(Au)的使用量，降低太陽電池的電極製作成本外，亦可簡化縮短聚光型太陽電池的元件製程時間，減少能源的消耗量，達到節能的目的。

(二)奈米結構量子點太陽電池技術發展

於水氧值皆控制在小於 1ppm 的環境下製備量子點太陽電池，可使其效率由 0.7%提升至 1.5%；若於此環境下同時利用熱退火、溶劑退火以及改變金屬電池之材料(由 Al 變成 Ca/Al)，目前 PCBM/P3HT 量子點高分子太陽電池之最佳化效率值可達 3.5%。

(三)太陽光產氫技術之發展與應用

以水熱跟鹼溶法製備奈米鈦管，可製備出高比表面積 $381\text{m}^2/\text{g}$ 的光觸媒，其產氫效率可高達 $18036\mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$ 。

(四)奈米科技在燃料電池之應用技術發展

- 1.SOFC-MEA (ASC-Type 10X10 cm²) durability test達 7000 小時，Degradation rate 約 2.1%/1000hrs，P=270~240 mW/cm² (800℃)，OCV>1.0 V，顯示品質優良，近國際水準，相關技術已獲專利。
- 2.電漿噴塗製程之SOFC-MEA電池片，在 800℃之功率密度可達 1.2 W/cm²，具國際水準。
- 3.論文:“Breeding Phenomenon of Nickel in Anode of Solid Oxide Fuel Cell Via Electrochemical Reaction”, Electrochemistry Communications, 11 (2009) 1381-1384. 研究發現SOFC-MEA之電化學反應機構，依不同輸出功率而異，隨著O²⁻穿透電解質到陽極之傳導通率(conduction flux)不同而有所差異，並有 Ni Breeding 現象發生，本項發現受國際電化學頂級期刊重視而刊登，建立本所在SOFC-MEA電化學研發領域之領導地位。
- 4.完成 10x10cm²鎳鐵金屬支撐電池片之製作，輸出功率大於 600 mW/cm² (800℃)。
- 5.完成提升電漿噴塗電池片耐用度，衰減率從 9.8%/1000hr降至 1.6%/1000hr (700℃, 400mA/cm²)。

(五)儲氫材料與技術之發展與應用

對於如何建構高儲氫能力的多孔洞材料，有更深入的了解，因此，提出高儲氫能力試樣製備方法之概念專利申請，當未來將現階段之問題逐一解決後，相信對於實際的應用，當有突破性的助益。

十、98 年度作業計畫績效評核項目達成情形

績效評核項目	達成情形
(一)年度目標	
1.化合物半導體太陽電池技術之發展與應用	(1)完成 MOCVD 磊晶系統設備與無塵室的建置，以及砷化鎵(GaAs)磊晶條件之建立。 (2)完成聚光型太陽電池電極製作，太陽電池的串聯電阻在電流密度 $5.1\text{A}/\text{cm}^2$ 條件下為 $0.2\ \Omega$。 (3)完成聚光型太陽電池在幾何聚光倍率大於 $700\times$ 時，太陽電池的輸出功率密度大於 $4.5\ \text{W}/\text{cm}^2$。 (4)完成 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_x$ 雙層抗反射膜鍍膜設計與應用於 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池元件抗反射膜之鍍膜條件建立，抗反射膜的參考波長於 $300\text{nm}\sim 350\text{nm}$ 間，電池可獲得較佳的輸出電流特性。
2.奈米結構量子點太陽電池技術發展	(1)完成建立量子點高分子太陽電池合成及元件製程實驗室。 (2)開發建立無機量子點化學溶液合成之設備與技術，完成無機量子點 CdSe、Bi_2S_3、Bi_2Se_3、TiO_2 量子點材料溶液相合成能力。 (3)完成環保型量子點太陽電池元件製備①PCBM/P3HT 混摻系統其效率已達 3.5 %; ②TiO_2/P3HT 混摻系統其轉換效率已達 1.05 %。
3 太陽光產氫技術之發展與應用	(1)完成水分解產氫線上分析系統與產氫實驗室的建置，以及以水熱合成高比表面積(TiO_2)光觸媒條件之建立。 (2)完成高比表面積中孔洞(TiO_2)光觸媒粉體製備條件，摻雜貴金屬 Pt 之光觸媒，其水分解產氫效率可達 $6122\ \mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$。 (3)完成氫氧分離產氫系統之反應器設計與水分解反應光觸媒雙面電極板之薄膜製備。
4.奈米科技在燃料電池之應用技術發展	(1)以 GNC Reactor 成功研製 SDC/GDC 奈米粉體，並以公斤級反應器進行實際生產，本項技術已完成中華民國專利申請。 (2)進行 INER-SOFC-MEA-W-69C ($\text{NiO} + \text{YSZ}/\text{YSZ}/\text{LSM}$) 單元電池測試，其 $\text{OCV}=1.074(800^\circ\text{C})$，$P_{\max}=339.14\ \text{mW}/\text{cm}^2(800^\circ\text{C})$。經歷 2 次熱循環以 $I=400\ \text{mA}/\text{cm}^2$ 進行耐久性測試，共計 7000. hrs，$V=0.606\ \text{V}$，$P=242\ \text{mW}/\text{cm}^2$，其衰減率約 2.5 %/1000 hr，顯示性能良好。前 500. hr 操作劣化率約為 0%/1000hr (ASC-Type, $10\times 10\text{cm}^2$)。 (3)完成 60 片 ($10\times 10\text{cm}^2$) INER-SOFC-MEA-W-Type 小型量

績效評核項目	達成情形
	產，以供INER-1kW-SOFC-Stack測試使用，達成特定計畫目標 (ASC-Type)。 (4)電漿噴塗研發，完成 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 鎳鐵金屬支撐電池片之製作，輸出功率大於 600 mW/cm^2 (800°C)。衰減率從 $9.8\%/1000\text{hr}$ 降至 $1.6\%/1000\text{hr}$ (700°C, 400 mA/cm^2)。
5.儲氫材料與技術之發展與應用	(1)目前每爐次維持在產量 10g 級試樣，在以 130mg 少量試樣量測時，吸氫值可達 11.4wt%，容積密度相當 $>35 \text{ Kg H}_2/\text{m}^3$，並且在氫氣釋放量約為 85%。 (2)將 5.5 g Pt/AC 試樣放置於儲氫匣中之不銹鋼網單元載具內，則總放氫量估計約略大於 1.9wt% 以上，依據釋放量之推估，總吸氫量至少為 2.9wt%。 (3)製備量化試樣並累積足夠的試樣，然後將 55g 之試樣再放入體積約 550cc 的儲氫匣內，再連接滑板車上功率約為 120W 之 PEM 燃料電池系統，可以運作 14 分鐘。
(二)指定指標	
1.學術成就	原提國內外期刊 9 篇、研討會論文 10 篇及研究報告 28 篇；本年度完成國內外期刊 12 篇、研討會論文 20 篇及研究報告 39 篇，皆超過目標值。
2.技術創新	預定 24 件專利申請，完成專利申請 28 件，並獲得專利 9 件。超過目標值。
3.採購作業辦理進度	依照本所相關採購法，完成所有購案。

參、計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形：

(一)計畫結構與經費

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)			
奈米科技在 新能源之應 用發展	102,345			李瀛生	核能研究所	
		化合物半導 體太陽電池 技術之發展 與應用	70,824	吳志宏	核能研究所	
		奈米結構量 子點太陽電 池技術發展	8,383	曹正熙	核能研究所	
		太陽光產氫 技術之發展 與應用	6,325	劉玉章	核能研究所	
		奈米科技在 燃料電池之 應用技術發 展	8,753	李茂傳	核能研究所	
		儲氫材料與 技術之發展 與應用	8,060	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 98.12.31

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)	
一、經常支出					
1.人事費					
2.業務費		28,520,000 (28,520,000)		28,520,000 (28,120,941)	27.87% (98.60%)
3.差旅費					
4.管理費					
5.營業稅					
小計		28,520,000 (28,520,000)		28,520,000 (28,120,941)	27.87% (98.60%)
二、資本支出					
1.設備費		73,825,000 (73,825,000)		73,825,000 (73,701,305)	72.13% (99.83%)
小計		73,825,000 (73,825,000)		73,825,000 (73,701,305)	72.13% (99.83%)
合計	金額	102,345,000 (102,345,000)		102,345,000 (101,822,246)	100% (99.49%)
	占總經費%： (執行數÷流用後 預算數)	100		(99.49%)	

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) 人力統計截止日期 98.12.31(全年)

計畫名稱	執行情形	總人力	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
奈米科技 在新能源 之應用發 展	原訂	47.57	4.17	3.4	27.8	12.2
	實際	49.21	4.16	3.4	28.69	12.96
	差異	+1.64	-0.01	0	+0.89	+0.76
化合物半 導體太陽 電池技術 之發展與 應用	原訂	7.4	0.1	0.6	4.3	2.4
	實際	9.05	0.1	0.6	5.19	3.16
	差異	+1.65	0	0	+0.89	+0.76
奈米結構 量子點太 陽電池技 術發展	原訂	6.57	0.57	1.0	5.0	—
	實際	6.56	0.56	1.0	5.0	—
	差異	-0.01	-0.01	0	0	—
太陽光產 氫技術之 發展與應 用	原訂	4.4	—	0.4	2.8	1.2
	實際	4.4	—	0.4	2.8	1.2
	差異	0	—	0	0	0
奈米科技 在燃料電 池之應用 技術發展	原訂	15.2	2.5	1.1	8.1	3.5
	實際	15.2	2.5	1.1	8.1	3.5
	差異	0	0	0	0	0
儲氫材料 與技術之 發展與應 用	原訂	14	1	0.3	7.6	5.1
	實際	14	1	0.3	7.6	5.1
	差異	0	0	0	0	0

說明：

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

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

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

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

(二)主要人力投入情形(副研究員級以上)

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
李瀛生	研究員	9 人月 計畫主持人	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	材料
吳志宏	副研究員	6 人月 協同主持人	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	半導體元件物理、化合物半導體元件製程、光電元件、電子
辛華煜	研究員	1 人月 半導體元件特性分析	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	物理、光電元件、電子
李茂傳	研究員	11 人月 協同主持人	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	化工/核燃料/精密陶瓷/奈米/SOFC
黃振興	研究員	12 人月 電漿噴塗 SOFC 元件研究	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	電漿噴塗、物理、電漿應用
陳中生	研究員	6 人月 電漿噴塗模擬 計算	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	電漿噴塗槍模擬、物理
胥耀華	副研究員	6 人月 SOFC 電池單元 電性量測	學 歷	碩士
			經 歷	副研究員
			專 長	材料科學
李瑞益	副研究員	1.2 人月 電池單元應力 分析	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	材料科學
熊惟甲	副研究員	4.8 人月 協同主持人	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	能源工程

姓名	計畫職稱	投入人月數 及工作重點	學、經歷及專長	
曹正熙	副研究員	11 人月 共同主持人 SAXS 等特性分析	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	材料科學、中子 x 光結構分析、核子工程
楊村農	研究員	2.0 人月 顧問	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	原子能工程
陳長盈	副研究員	6 人月 協助高分子太陽電池製備與研發	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	材料分析
魏聰揚	副研究員	1.2 人月 計畫督導	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	奈米材料/材料分析
鍾人傑	副研究員	3.6 人月 計畫督導	學 歷	博士
			經 歷	副研究員
			專 長	奈米材料/材料分析
余明昇	研究員	12 人月 協同主持人	學 歷	博士
			經 歷	研究員
			專 長	材料

與原計畫規劃差異說明：

太陽光電計畫新進 2 員專支人員；儲氫計畫 1 專支人員離職，並於 8 月、9 月和 10 月分別有專支、替代役及所聘人員遞補，故人力增加 1.64 人年。

肆、計畫已獲得之主要成就與量化成果(output) (截至 12 月 31 日為止)

(請就主要成就依學術成就 (科技基礎研究)、技術創新成就 (科技整合創新)、經濟效益 (經濟產業促進)、社會影響 (社會福祉提昇、環保安全)、其它效益 (政策管理及其它) 方面，擇主要之成就填報。如學術成就代表性重要論文、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、重大專利及項數、著作權項數等項目，含量化與質化部分，請將本計畫之實際產出重要之績效項目先勾選表一，再依序填寫已勾選之各項績效成果，填寫說明詳如表二，本作業可至政府研究資訊系統《網址：<http://www.grb.gov.tw>》填報績效表格，選取列印後將產出表格貼入)

表一 科技計畫之績效指標(請依計畫性質勾選項目，色塊區為必填)

計畫類別 績效指標	1 學術研究	2 創新前瞻	3 技術發展 (開發)	4 系統發展 (開發)	5 政策、法規、制度、規範、系統之規劃 (制訂)	6 研發環境建構 (改善)	7 人才培育 (訓練)	8 研究計畫管理	9 研究調查	99 其他
A 論文			✓							
B 研究團隊養成			✓							
C 博碩士培育			✓							
D 研究報告			✓							
E 辦理學術活動			✓							
F 形成教材										
G 專利			✓							
I 技術活動			✓							
J 技術移轉			✓							
S 技術服務			✓							
K 規範/標準制訂			✓							
R 增加就業			✓							

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

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	A 論文	本計畫相關研究成果發表國內外會議論文 20 篇、國際著名期刊 (SCI) 及 (EI) 共 8 篇及國內期刊 4 篇包括： (1) J. Am. Chem. Soc. : 1 篇 (Impact Factor=8.091)。 (2) J. Phys. Chem. C. : 1 篇 (Impact Factor=3.396)。 (3) Electrochemistry Communications. : 1 篇 (Impact Factor=4.194)。 (4) Nanotechnology : 1 篇 (Impact Factor=3.446)。 (5) International Journal of hydrogen Energy : 1 篇 (Impact Factor=3.452)。 (6) Materials Chemistry and Physics : 1 篇 (Impact Factor=1.799)。 (7) Int. J. Appl. Ceram. Technol. : 1 篇 Impact Factor=1.488。 (8) ACS Applied Materials & Interfaces : 1 篇 另已投稿 SCI 期刊審查中 10 篇。	1. Journal of the America Chemical Society 期刊之 Impact Factor* 為 8.091。 2. The Journal of Physical Chemistry C 期刊之 Impact Factor* 為 3.396。 3. Electrochemistry Communications, 期刊之 Impact Factor* 為 4.194。 4. Nanotechnology 期刊之 Impact Factor* 為 3.446。 5. International Journal of hydrogen Energy 期刊之 Impact Factor* 為 3.452。 6. Materials Chemistry and Physics 期刊之 Impact Factor* 為 1.799。 7. Int. J. Appl. Ceram. Technol. 期刊之 Impact Factor* 為 1.488。 此外，國科會亦邀請本所撰寫 1 篇特稿，“金屬有機框架之奈米結構與室溫儲氫能力及其未來前景”，刊登於自然科學簡訊，第二十一卷第二期(2009.05)	1. 整合已開發完成之 n-type 含銀 (Ag) 歐姆接觸電極以及物理式的蒸鍍方法製作厚金屬銀 (Ag) 的技術，應用於 III-V 族化合物半導體元件的製作，不但可以大幅降低太陽電池元件生產的成本，亦可大幅改善太陽電池元件特性的均勻度與良率。 2. 利用半導體濕式蝕刻技術，開發完成 InGaP/GaAs/Ge 三界面太陽電池鍍基板薄化製程；利用此開發完成的技術，將可使太陽電池的光吸收作用區與散熱底座直接貼近，對於聚光型太陽電池可具有極佳之散熱效果，具有高結構強度、製程簡易及成本低等優點。 3. 利用金屬蒸鍍方法結合半導體製程濕式蝕刻製程，開發完成金屬氮化鈦薄膜結構成膜製程，利用該研發方法所得之薄膜結構體與一般氮化鈦性質接近，具有耐腐蝕性、導電性及裝飾功能，不僅製程設備簡單、相對低溫及成本低，可適合大量生產用，同時生產過程環保無氯 (Cl)，能因應國際綠色趨勢，適合應用於電子材料界。 4. 完成 InGaP/GaAs/Ge 三界面太陽電池的製作，在聚光強度為 142 suns 時，能量轉換效率可達 36.8%，已接近國際水準 (40.7%)。 5. P3HT/TiO₂ 量子點高分子太陽電池元件效率為 0.9%，較目前國際上所發表之同型太陽能電池元件 0.7% 為高。

註*：本文之 Impact Factor 為 2008 年

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
				6.開發之TiO₂光觸媒電極，其氫氣產生速率可高達每小時 7030 $\mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$，與國際水準相當。 7.電漿噴塗製程之SOFC-MEA電池片，在 800°C之功率密度可達 1.2 W/cm²，具國際水準。 8. SOFC-MEA (ASC-Type 10×10 cm²) durability test達 7000 小時，Degradation rate 約 2.1%/1000hrs, P=270~240 mW/cm² (800°C)，OCV>1.0 V.，顯示品質優良，近國際水準。相關技術智財已獲專利。 9.SOFC-MEA之電化學反應機構，依不同輸出功率而異，隨著O²⁻穿透電解質到陽極之傳導通率(conduction flux)不同而有所差異，並有 Ni Breeding現象發生，本項發現受國際電化學頂級期刊重視而刊登，建立本所在SOFC-MEA電化學研發領域之領導地位。 10.已建立儲氫匣組裝技術，並測試其充氫與放氫能力。
	B 研究團隊養成	4 個團隊	建立量子點高分子太陽電池實驗室、太陽產氫實驗室、SOFC-MEA 及 MOCVD 實驗室。	
	C 博碩士培育	參與計畫執行之碩士研究生 19 人。	培育在太陽電池材料特性與電性分析測試、電漿噴塗、SOFC 奈米粉末研發、量子點太陽電池、儲氫材料研發專業人才，有助於未來計畫的推動，效益顯著。	
	D 研究報告	32 篇	化合物半導體太陽電池 4 篇、量子點太陽電池 5 篇、太陽光產氫技術 6 篇、SOFC 技術研發 14 篇及儲氫材料與技術 3 篇，相關成果可作為本計畫後續研發工作之參考。	
	E 辦理學術活動	國內研討會：1 件。 國外研討會：1 件。	與本所燃料電池研發計畫合辦 2009 Taiwan SOFC 研討會及 2009 Taiwan SOFC International Symposium。	透過國內外研討會的交流，共同研討 SOFC 的發展現況及未來趨勢。

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
技術創新(科技整合創新)	G 專利	獲得 4 件中華民國專利，3 件美國專利，2 件歐盟專利。	化合物半導體之相關技術，已有多項技轉國內廠商。	本所與國內廠商技術合作，已有二家公司生產電池片，供商業化使用，其品質與光電轉換效率可滿足聚光型太陽電池系統之需求。
		提出共 28 件專利申請，包括中華民國 11 件、美國 11 件、日本 4 件、歐盟 2 件(有案號 18 件，申請中 10 件)		
	H 技術報告	技術報告 7 件	化合物半導體太陽電池 4 篇、SOFC 技術研發 1 篇及儲氫材料與技術 2 篇，相關技術報告可作為本計畫後續研發工作之參考。	
	I 技術活動	國內：9 場次 國外：5 場次	1.2009 日本東京奈米展，展出 SOFC 及奈米儲氫成果。	1.台灣展覽館(Taiwan Pavilion)獲 2009 nano tech 大會頒發特別獎。
			2.透過論文之發表及實體的展出，吸引國內投資者與廠家參與，討論相關技術、技轉或合作事宜。 3 參於並發表論文於國內外之研討會： (1) 2009 中華民國物理年會 (2)九十七年中國材料科學學會年會 (3)九十八年中國材料科學學會年會 (4)第三屆全國氫能與燃料電池學術研討會 (5)2009 年陶業學會年會(2009) (6)The 4rd National Conference on Hydrogen Energy and Fuel Cell(2009) (7)2009 化工年會 (8)2009 Taiwan SOFC 研討會 (9)2009 台灣奈米週 (10)2009 Taiwan SOFC International Symposium (11)2008 國際電子元件暨材料研討會 (12)2009 國際電子元件暨材料研討會	

		績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
				(13)International Symposium on Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications(2009) (14) 2009 日本東京奈米展	
		J 技術移轉	1 件 3 廠家	化合物半導體太陽電池技術之發展與應用計畫：技轉權利金收入 768,000 元(穩懋、全訊、太聚等 3 家公司)。	
		S 技術服務	1 件 1 廠家	化合物半導體太陽電池技術之發展與應用計畫：技術服務收入金額 280 萬元(中山科學研究院雷射二極體委託案)。	
社會影響	民生社會發展	R 增加就業	人數 24 人	藉由本計畫之執行，以增加理工、機械、噴塗、光電方面之奈米技術人員就業率。	
其它 技政策管理 及 其他效益(科)		K 規範/ 標準 制訂	10 篇	完成 SOFC 研發相關測試程序書，包含 SOFC-MEA 電性測試、機械性能測試、特性模擬、電池堆組裝與測試等程序書。	建立 SOFC 技術發展之標準規範。

伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome) (截至 月 日為止)

一、學術成就(科技基礎研究) (權重 40%)

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

(一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用

1. C.Y. Chen, J.I. Chyi, C.K. Chao and C.H. Wu, "Optical Properties of ZnSe_{1-x}O_x Epilayers," submitted for publication in Electronics Letters.

本研究成功地利用分子束磊晶系統，在砷化鎵基板上成長含氧量高達百分之七的硒氧化鋅。硒氧化鋅於能隙的低溫光激光譜隨著氧含量的增加而呈現紅位移趨勢。溫度相關光激光譜量測中觀察到 ZnSe_{0.973}O_{0.027} 的異常行為，可歸因於局域激子的非定域化。

2. M. D. Yang, S. W. Wu, G. W. Shu, Jyh Seng Wang, J. L. Shen, C. H. Wu, C. A. Lin, W. H. Chang, T. Y. Lin, T. C. Lu and H. C. Kuo, "Improving Performance of InGaN/GaN Light Emitting Diodes and GaAs Solar Cells Using Luminescent Gold Nanoclusters," accepted for publication in Journal of Nanomaterials.

本文以研究螢光金奈米團簇對 InGaN/GaN 多重量子井發光二極體及單接面 GaAs 太陽能電池的光電特性之影響。在塗佈螢光金奈米團簇後，發現 InGaN/GaN 多重量子井發光二極體的電激螢光有增強的現象。而單接面 GaAs 太陽能電池的轉換效率，在塗佈螢光金奈米團簇後，觀察到有 15.4% 的提升。研究發現發光二極體及太陽能電池效能的提升乃由於金奈米團簇的輻射散射，使光耦合增加的結果。

3. C.W. Huang, K.S. Liu, C.H. Huang, C.L. Chang, J.L. Ho and C. H. Wu, "Preparation and Characterization of ZnO Thin Films Deposited by Radio Frequency Sputtering Method," submitted for publication in Journal of Ceramic Processing Research.

氧化鋅薄膜同時具有導電性與光學透光性，因此近年來受到各界廣泛研究。本研究探討以射頻濺鍍法製備氧化鋅薄膜與其特性分析；研究以 BK7 光學玻璃為基材，利用射頻濺鍍法將氧化鋅靶材濺鍍在 BK7 上，並改變不同濺鍍條件以調整氧化鋅薄膜電性與光

學特性，包括濺鍍功率、濺鍍時氬氧氣體等工作氣體氣氛比率等參數，進一步利用 X 光繞射儀、掃描式電子顯微鏡、能量分布儀、紫外光可見光光譜儀與四點量測電阻儀等儀器，研究不同濺鍍條件下所獲得的氧化鋅薄膜晶相結構、表面形貌、化學成分組成、光學特性與導電度等變化情形。研究結果發現厚度主要控制因素為濺鍍時間，光學特性與厚度有關，而導電度主要取決於氧化鋅薄膜的厚度或氧空缺情形。

(二) 奈米結構量子點太陽電池技術發展

1. K.T. Jeng, W. M. Huang and N.Y. Hsu, "Application of Low-voltage Electrophoretic Deposition to Fabrication of Direct Methanol Fuel Cell Electrode Composite Catalyst Layer," *Materials Chemistry and Physics*, 113 (2009) 574-578.

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

2. M.C. Wu, Y. Chou, C.M. Chuang, C.P. Hsu, J.F. Lin, Y.F. Chen and W.F. Su, "High Sensitivity Raman Scattering Substrate Based on Au/La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ Periodic Arrays," *ACS Applied Materials & Interfaces*, 1 (2009) 2484-2490.

本文發展了一個可以調控表面電漿之 Au/La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃ (Au/LSMO) 週期陣列基材，此基材具有表面增強拉曼散射特性。使用 Au/LSMO 陣列來增強含有 0.1wt% 聚三己基噻吩 (P3HT) 的聚甲基壓克力薄膜之拉曼散射。經由控制基材的表面型態來調控金的表面電漿接近激發波長時，可發現比起先前沒有圖案的 Au 基材來說，P3HT 在 1350cm⁻¹ 的拉曼散射強度增強 4 個級數以上。

3. M.C. Wu, Y.J. Wu, W.C. Yen, H.H. Lo, Y.F. Chen and W.F. Su, "Nanoscaled Surface Potential Study on P3HT/TiO₂ Nanorods Hybrid Bulk Heterojunction Photovoltaic Devices by Kelvin Force Probe Microscopy," submitted for publication in *Journal of Materials Chemistry*.

本文主要是利用表面電位顯微鏡(Kelvin probe force microscope,

KFM)觀察P3HT混摻TiO₂ nanorods之量子點高分子太陽能電池的主動層材料混摻情形。藉由KFM可得知不同分子量、P3HT所使用之溶劑種類及TiO₂ nanorods的表面改質物種類皆會使混摻材料的表面電位偏移以及造成主動層的均方根值(Root Mean Square, RMS)的改變，進而影響電池的光電轉換效率。

(三)太陽光產氫技術之發展與應用

1. H.W. Wang, C.F. Ting, M.K.Hung, C.H. Chiou, Y.L. Liu, Z.W. Liu, K.R. Ratinac and S.P. Ringer, “Three-dimensional Electrodes for Dye-sensitized Solar Cells: Synthesis of Indium-tin-oxide (ITO) Nanowires Arrays and ITO/TiO₂ core-shell,” Nanotechnology, 20 (2009) 055601.

此研究以濕式化學法研究合成製備 3D奈米線在DSSC裡的電極，藉此改進光電的變換效率之應用。染料敏化太陽能電池(DSSCs)作為替代矽基太陽能電池，為更便宜且較有希望應用的 photovoltaics，可進一步提升轉化效率及降低生產成本。於DSSCs中有兩種方法被應用建立這系列ITO(indiumin氧化物) nanowires或ITO/TiO₂ corehell系列nanowires；兩種方法皆以電泳的電化學沈積在聚碳酸酯模板上。3D電極透過doctor-blade塗佈到ITO 或者ITO/TiO₂上，其轉換效率可達 4.3%。經由測試此電極經由Cyclic voltammetry 測試確認光電流顯著提升，當使用 3D ITO -nanowire電極時，其電子及電洞能更有效的分離和增進傳輸。

2. J.J. Jow, S.W.Yang, H.R.Chen, M.S.Wu, T.R. Ling and T.Y. Wei, “Co-electrodeposition of Pt–Ru Electrocatalysts in Electrolytes with Varying Compositions by a Double-potential Pulse Method for the Oxidation of MeOH and CO,”International Journal of hydrogen Energy, 34 (2009) 665.

在碳布上以脈波法沈澱高分散性Pt – Ru 觸媒，將Pt – Ru的量以ICP量測。結果顯示Pt的量隨著濃度成線性，且Pt在基材上loading的量，與H₂PtCl₆ 的濃度呈線性關係；但Ru的量與RuCl₃的濃度無關連，此結果顯示Pt離子的減少在基材上Pt-Ru陰極叢集沈積裡的有相當的關係。在以MeOH電極氧化及CO 吸附反應中，Pt-Ru沈積的最佳含量為 25 atm%，SEM 結果顯示在碳基材上已有成核作用和沈積成長程序且連續增長和沈澱Pt-Ru粒子。粒子尺寸及Loading量

會隨著增加雙電位pulse循環次數。

(四)奈米科技在燃料電池之應用技術發展

1. C.H. Wang, M.C. Lee, T.J. Huang, Y.C. Chang, W.X. Kao and T.N. Lin, "Breeding Phenomenon of Nickel in Anode of Solid Oxide Fuel Cell Via Electrochemical Reaction," *Electrochemistry Communications*, 11 (2009) 1381-1384.

研究發現SOFC-MEA之電化學反應機構功率而異，隨著 O^{2-} 穿透電解質到陽極之傳導通率(conduction flux)而變化，並有 Ni Breeding現象發生，其反應式為： $Ni + O^{2-} \rightarrow NiO + 2e^-$ (Anode)，確認 Ni具催化劑與反應物功能，於高溫電化學反應過程，具有Ni再分散形成奈米級催化劑，使重新活化，與一般化學反應催化劑因高溫長時間燒結而聚結粒徑變大，造成催化活性衰退情況不同。本項發現受國際電化學頂級期刊重視而刊登，建立本所在SOFC-MEA電化學研發領域之領導地位。

2. C.H. Lo, C.H. Tsai and C.S. Hwang, "Plasma-Sprayed YSZ/Ni-LSGM-LSCo Intermediate-Temperature Solid Oxide Fuel Cells," *Int. J. Appl. Ceram. Technol.*, 6 [4] 513-524 (2009).

以大氣電漿噴塗技術製作中溫型多孔性鎳金屬支撐固態氧化物燃料電池，其陽極為具奈米結構YSZ/Ni，電解質層為LSGM，陰極為高離子導電LSCo。奈米結構YSZ/Ni陽極具有高數量的三相界面；厚度約 60 μ m電解質LSGM在 800 $^{\circ}$ C有 0.053 S/cm導電度及>1V的開路電壓值，表示電解質LSGM以達氣密性；LSCo陰極厚約 10~20 μ m，在 1000 $^{\circ}$ C做約 1 小時熱處理後之LSCo陰極具有約 25%孔隙度及良好的導氧離子與電子之多孔結構。完成之多孔性鎳金屬支撐YSZ/Ni-LSGM-LSCo電池片能輸出 365 mW/cm²(800 $^{\circ}$ C)、250 mW/cm²(750 $^{\circ}$ C)及 180 mW/cm²(700 $^{\circ}$ C)的電功率。

3. W.X. Kao, M.C.Lee, T.N. Lin, C.H. Wang and Y.C. Chang, "Fabrication and Characterization of a Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3- δ} - Gadolinia- doped Ceria Cathode for an Anode-supported Solid-oxide Fuel Cell," accepted for publication in *Journal of Power Sources*.

本論著開發製作並定性 BSCF-GDC 複合陰極材料並使用於 Ni-YSZ//YSZ// GDC//BSCF-GDC 之 SOFC-MEA，其結果驗證本複合陰極材料，可與 YSZ 電解質搭配而於 600~750 $^{\circ}$ C發電，具指標特

質，是 IT-SOFC 發展之重要選項。

4. Y.C. Yang, C.S. Hwang and C.H. Tsai, "Evaluations of Thermal Residual Strains in the Atmospheric Plasma Sprayed NiO/Ldc Anode of The Solid Oxide Fuel Cell," submitted for publication in Surface & Coatings Technology.

本文重點在探討電漿噴塗膜層中之殘留應力。利用不同噴塗條件試片及“ $\sin^2\psi$ ” XRD 技術分析 NiO/LDC 陽極膜鍍在多孔性金屬基板時殘留應力與基板預熱溫度之關係。結果愈高的預熱溫度其殘留應為愈小。膜層厚度對殘留應力之影響不大。壓縮的殘留應為會造成鍍膜後之試片彎曲。

(五) 儲氫材料與技術之發展與應用

1. C.S. Tsao, M.S. Yu, C.Y. Wang, P.Y. Liao, H.L. Chen, U.S. Jeng, Y.R. Tzeng, T.Y. Chung and H.C. Wu, "Nanostructure and Hydrogen Spillover of Bridged Metal-Organic Framework," J. Am. Chem. Soc., 131(8)(2009)1404-1406.

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

2. Michael A. Miller, C.Y. Wang and Grant N. Merrill, "Experimental and Theoretical Investigation into Hydrogen Storage via Spillover in IRMOF-8," Phys. Chem. C., 113(8), (2009) 3222-3231.

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

3. C.S. Tsao, C.Y. Chen, T.Y. Chung, C.J. Su,; C.H. Chen, H.L. Jeng, U.S. Yu, P.Y. Liao, K.F. Lin and Y.R. Tzeng, "Structural Analysis and Thermal Behavior of Pore Networks in High-Surface-Area Metal-Organic Framework," submitted for publication in JPCC.

此文主要是針對合成具高比表面積的 MOF，以 SAXS 量測分析其孔洞結構，依模式分析可知有小於 2nm 的 channel 及 2~35nm

的 mesopore；同時亦顯示 mesopore network 的演變情形，對未來如何設計具高吸氫能力的 MOF 有相當助益。

於實驗時亦採用 in-situ 的方法，觀察 mesopore structure 和 micrograin 在加溫過程的演變狀況，此為國際間首次利用此最適當的方法，結果顯示在 pore evacuation 或 micrograin boundary 形成時，mesopore 呈現彈性的收縮或擴張或重排，但 micropore 仍維持穩定的剛性，對固態氣體儲存理論提供較明確的證據。

4. Y.R. Tzeng, C.S. Tsao, M.S. Yu, C.Y. Wang, H.C. Wu and H.H. Tseng, “Energetics for the Adsorption of the Platinum Atom on the Graphite Oxide Surface: a First Principle Study,” submitted for publication in JPCC.

此研究以密度汎涵的計算方式，研究單一鉑原子在單層氧化石墨上擴散的能量變化。藉由調適型動力蒙地卡羅的方法，以及依照鉑原子攻擊單層氧化石墨上的原子類型分類，找尋鉑—碳與鉑—氧兩種反應路徑上的反應過渡態。總共找出能障低於 1.0 電子伏特之十三種過渡態，其中五種屬於鉑—氧反應路徑，另外八種為鉑—碳路徑。研究發現兩種反應路徑、可經由不對稱的能障相互連結。其中由鉑—氧跨越到鉑—碳的能障為 0.35 電子伏特、遠低於相反方向的能障（2.35）。由於鉑原子與單層氧化石墨上的碳、氧原子均會產生強大的交互作用，因此反應過程會釋放出大量的能量（> 0.8 電子伏特），並由於兩種反應路徑上均存在有低能障（< 0.4）的過渡態，因此鉑原子與單層氧化石墨接觸後，會安定於接觸點附近數個埃範圍內的低能量穩定態。由單層氧化石墨對於鉑原子的錨定效用，推測鉑原子在單層氧化石墨表面上的成長模式為平板狀的二維平面結構。

5. C.S. Tsao, M.S. Yu, Y.R. Tzeng, C.Y. Wang, H.C. Wu, T.Y. Chung, H.H. Tseng, H.L. Chen, C.C. Chien, Y.S. Lee and K.F. Lin, “Effect of Template Structure on Room-Temperature Hydrogen Storage of Pt-Impregnated Active Carbon,” submitted for publication in Carbon.

此文主要是比較不同孔洞結構的活性碳母材，經過同樣的酸洗及含浸白金顆粒，但因為通道脈絡及孔洞大小，以及白金顆粒之大小與分佈之不同，造成孔洞可否補捉住氫分子，而有不同吸氫能力，因而，獲得有關何種孔洞組合以及白金顆粒之分佈，有助提昇

吸氫量的概念。

6. C.Y. Wang, C.S. Tsao, M.S. Yu, P.Y. Liao, T.Y. Chung, H.C. Wu, Michael A. Miller and Y.R. Tzeng, "Hydrogen Storage Measurement, Synthesis and Characterization of Metal-Organic Frameworks Via Bridged Spillover," submitted for publication in IJHE.

此文主要是說明為了精確量測少量、低密度的多孔物質之儲氫量，建立了高壓 TGA 的量測方法。其量測結果也由獨立第三機構驗證無誤。在此量測中，很清楚的說明金屬有機骨架材料，經由氫溢出機制，的確會提升吸氫量。架橋金屬有機骨架材料的室溫吸氫量，可以藉由合成程序參數之改變而變化。

二、技術創新(科技整合創新) (權重 40%)

(一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用

- 1.完成 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池的製作，太陽電池在 133 個太陽聚光照射下，能量轉換效率為 37.1%。
- 2.完成適用於 III-V 族化合物砷化鎵系列材料的 n-型與 p-型含銀 (Ag)歐姆接觸電極之製程開發，以及 n-型含銀(Ag)歐姆接觸電極製程與聚光型太陽電池厚金屬銀電極製程之整合，並且應用於 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池的製作。
- 3.利用半導體濕式蝕刻技術，開發完成 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池鍍基板薄化製程，將可使太陽電池的光吸收作用區與散熱底座直接貼近，改善聚光型太陽電池之散熱效果，具有高結構強度、製程簡易及成本低等優點。
- 4.完成 n-type 與 p-type 砷化鎵單層磊晶生長條件之建立。

專利獲得如下：

- (1)吳志宏、張凱勝、辛華煜、曾衍彰，「光開關結構改良」，美國(專利證號：US7,508,573B2)。
- (2)吳志宏，「集光元件」，中華民國(專利證號：發明第 I312053 號)。
- (3)吳志宏、張凱勝、朱冠宇、邱烘盛，「晶圓夾體之結構改良」，美國(專利證號：US7,562,922B2)。
- (4)吳志宏、鄭傑、張凱勝、朱冠宇，「晶圓切割方法」，美國(已獲通知，專利證書辦理中)。

專利申請清單如下所述：

- (1)吳志宏、呂咨賢、劉庚昇、高治舟，「氮化鈦薄膜結構」，中華民國(申請案號：098115080)；日本(申請案號：2009-111719)；美國(申請案號：12/500,993)。

摘要說明：一種氮化鈦薄膜結構，該氮化鈦薄膜係經由使用一混合有氨(NH₃)、過氧化氫(H₂O₂)及水(H₂O)之溶液，以其體積比例範圍介於 1:1:1~100 蝕刻去除一基板表面之保護薄膜後，與下方之鈦薄膜產生反應並經退火(Anneal)處理所形成沉積在該基板表面上之結構體。其中該基板係施予蒸鍍法或電鍍法處理，據使該基板之表面形成有一鈦薄膜及一保護薄膜者。藉此，所得之薄膜結構體與一般氮化鈦性質接近，具有耐腐蝕性、導電性及裝飾功能，不僅製程設備簡單、相對低溫及成本低，可適合大量生產用，同時生產過程環保無氯(Cl)，能因應國際綠色趨勢，適合應用於電子材料界。

- (2)吳志宏，「含銀金屬歐姆接觸電極」，中華民國(申請案號：098115083)；日本(申請案號：2009-111720)；美國(申請案號：12/483926)。

摘要說明：一種含銀金屬歐姆接觸電極，係由一鎳(Ni)層、一鍺(Ge)層、一銀(Ag)層、一鈀(Pd)層或鉑(Pt)層、及一厚膜金屬(Thick Metal)層所組成，並順序堆疊在一 n 型 III-V 族化合物半導體層上經退火(Anneal)處理所形成之結構體，且該銀層與鍺層之厚度比例範圍係介於 Ag/Ge=7~8 之間者。其中，此具低電阻率(Electric Resistivity)與高熱導率(Thermal Conductivity)之歐姆接觸電極係以銀為材料而形成，可與目前業界製程相容，並有效地使生產成本降低者。

- (3)吳志宏，「太陽能電池結構」，中華民國(申請案號：098121385)；美國(申請案號：12/510,688)。

摘要說明：一種太陽能電池結構，係包括一基板、一配置於該基板第一表面之至少一部分上之第一歐姆電、一配置於該基板第一表面之至少一部分上之抗反射層、以及一配置於該基板第二表面上之第二歐姆電極所組成。上述基板係具有一第一表面及一第二表面，且於該基板第一表面處係具有一方形或圓形柱狀之凹槽孔洞，並於該凹槽孔洞內周面設有一中央凹槽及一設於其外周面圍繞該中央凹槽之凹槽側壁，其中每一凹槽孔洞之中央凹槽之尺度

係小於每一凹槽孔洞開口之尺度，且每一凹槽孔洞之凹陷深度係介於 20~500 微米 (μm) 之間。藉此，利用光吸收作用區與散熱底座直接貼近，可具有極佳之散熱效果，且光子吸收反應機制乃先短波長再長波長，為具有高結構強度、製程簡易及成本低，並可大量生產進而有高產量輸出之結構者。

(二)奈米結構量子點太陽電池技術發展

- 1.以溶液相合成方式成功合成出不同能隙之無機量子點，其中包含 Au 奈米粒子、CdSe 奈米粒子、Si 奈米粒子、 Bi_2S_3 奈米棒、 Bi_2Se_3 奈米棒及 TiO_2 奈米棒。上述之奈米粒子直徑約 5~6nm；奈米棒：短軸約 5~6nm、長軸約 30~50nm。
- 2.利用表面電位顯微鏡(Kelvin probe force microscope, KFM)研究量子點高分子太陽能電池的主動層材料混摻情形，藉由 KFM 可得知導電高分子之分子量大小、其所使用之溶劑種類及量子點的表面改質物種類皆會使主動層材料的表面電位偏移量及均方根值(Root Mean Square, RMS)的改變，進而影響電池的光電轉換效率。
- 3.利用 Au 奈米粒子及 $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ 為混摻材料(Au/LSMO)研製一可調控表面電漿週期陣列基材，此基材具有表面增強拉曼散射特性。其有機會應用於量子點高分子太陽能電池上，藉由表面電漿之特性以增加電池之光電轉換效率。
- 4.完成環保型量子點太陽電池元件製備(1)PCBM/P3HT 混摻系統其效率達 3.5 %；(2) TiO_2 /P3HT 混摻系統其轉換效率已達 1.05 %。

專利獲得如下：

- (1)簡俊清、鄭俊才，「薄膜燃料電池用鉑合金電化學觸媒之製備方法」，中華民國(專利證號：發明第 I312699 號)
- (2)鄭俊才、黃婉敏，「以奈米碳材承載觸媒之薄膜燃料電池電極結構」，中華民國(專利證號：097221306)。
- (3)張慧良、曹正熙、張亨榮、謝國龍、鄭必信，「具甲醇阻抑性及高選擇係數之質子交換膜製造方法」，歐盟(專利證號：1964874)。

(三)太陽光產氫技術之發展與應用

1. 二氧化鈦光觸媒粉體部分，經改變結構及粒徑，提高其表面積後，水熱法合成奈米級之中孔高比表面積TiO₂粉體光觸媒，可合成出粒徑 20-30nm之粉體光觸媒。
2. 研製以sol-gel為前趨物並以水熱法製備合成奈米級TiO₂光觸媒粉體程序，可合成出粒徑 20-30nm之粉體光觸媒。奈米級TiO₂粉體光觸媒比表面積可達 150.98(m²/g)，高於商業化之P25 粉體觸媒比表面積 52(m²/g)約 3 倍左右，其氫氣產生速率可達每小時 7030 $\mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$ 。
3. 建立產氫系統分析設備，並連接 GC 分析系統，可完成即時線上連續分析產氫效率。
- 4 建立以陽極法製備鈦管光電極相關合成製程，完成在鈦板上製備 4*4cm²之薄膜光電極。
5. 建立奈米粉體及鈦管光電極相關合成製程及氫氧分離之產氫反應器，能在氫氧產生時直接分離，以供後續之利用，並增加其安全性及降低其氫氧結合之機率，提高產氫效率之效果。

專利獲得如下：

- (1)鍾人傑、呂永方、魏聰揚、曾衍彰，「二氧化鈦漿料之製法及該漿料之應用」，中華民國(專利證號：發明第 I308554 號)。

其專利申請清單如下所述：

- (1)劉玉章、鍾人傑、魏聰揚、呂永方、曾育貞、鄭俊才，「光電化學產氫反應器之光觸媒電極及其製作方法」，中華民國(申請案號：098132226)。

摘要說明：一種薄膜式光觸媒電極之製備研發及可氫氧分離、外加電壓之產氫反應器之設計。本研究設計一新型分離式水分解產氫光電化學反應器及初步探討其可行性，主要內容包括：(1)建立分離式水分解產氫光電化學反應器之電化學；(2)發展可用於分離式水分解產氫光電化學反應器之電極；(3)探討合成適用於分離式水分解產氫光電化學反應器之可見光觸媒；(4)設計及組裝一新型水分解實驗室型光化學反應器。由系統電化學及電洞傳遞特性分析，發現分離型光電化學反應器應僅使用陽極光觸媒。因此，電極採光觸媒陽極與白金暗陰極分開製作，不用輔助觸

媒；電極之製作乃以粉末狀觸媒、導電碳粉及Nafion ionomer懸浮液配成觸媒漿液塗佈於碳布載體上而成。其中發現使用Degussa P25 粉末狀觸媒所製之光陽極可測得極高之光電流。而可見光波段之觸媒主要為合成產氧之光陽極(photoanode)觸媒，亦即bismuth vanadate (BiVO_4)，可易合成為粉末狀，以利使用於分離式水分解光電化學產氫裝置。最後，實驗室型光電化學反應器則利用薄膜電極組成(MEA)為分離及反應裝置，因其製作簡單體積輕巧並具有放大成面板式(panel-type)之大型產氫反應器的優良潛能。

- (2)鍾人傑、吳明興、劉玉章，「具有階梯式加熱破壞槽之廢水處理裝置及方法」，中華民國(申請案號：098132439)；美國(申請案號：12/604,151)。

摘要說明：反應器反應過後之廢水處理裝置及其對應處理方式。本發明係一種具有階梯式加熱破壞槽之廢水處理裝置及方法，其係包括：一混合槽，用以攪拌含有機成分的廢水與藥劑，並使二者呈均勻狀態，以形成一混合廢水；若干個階梯式加熱破壞槽，用以使混合廢水經由加溫及長時間流動後，進行有機質破壞處理，以形成一排放液體；一熱交換器，用以使該混合槽之混合廢水與該加熱破壞槽之排放液體進行熱交換處理；一冷凝儲存槽，接收該熱交換器之排放液體，自然冷卻處理該排放液體；一淨水處理裝置，將該排放液體分解成為一淨水與一濃縮液後輸出；一藥劑回收裝置，將濃縮液電解處理後回收使用。

(四)奈米科技在燃料電池之應用技術發展

- 1.研製多孔性陽極機板，提高透氣率，增進SOFC-MEA之最大功率密度至 $P_{\max}=400\sim600 \text{ mW/cm}^2$ 。
- 2.建立 $10\times10\text{cm}^2\sim15\times15\text{cm}^2$ 電漿噴塗多孔基板改質技術，將原多孔鎳基板改質成多孔鎳鐵基板，常溫強度增加 5~6 倍，高溫強度(750°C)增加 2~3 倍。並掌握高強度(常溫彎曲應力 $\sim200 \text{ MPa}$ ，高溫彎曲應力 $\sim56 \text{ MPa}$)、高透氣($\sim3\text{Darcy}$)之多孔性金屬基板自製關鍵技術，提高電池片自製率及降低電池片成本。
- 3.已建立SOFC小流量測試系統提供 CH_4 為燃料之Button Cell電性

量測，將精進 SOFC 電池單元橫向電阻量測技術建立 $10 \times 10 \text{ cm}^2 \sim 15 \times 15 \text{ cm}^2$ 電漿噴塗多孔基板改質技術，將原多孔鎳基板改質成多孔鎳鐵基板，常溫強度增加 5~6 倍，高溫強度 (750°C) 增加 2~3 倍。並掌握高強度(常溫彎曲應力 $\sim 200 \text{ MPa}$ ，高溫彎曲應力 $\sim 56 \text{ MPa}$)高透氣($\sim 3 \text{ Darcy}$) 多孔性金屬基板關鍵技術，提高電池片自製率及降低電池片成本。

4. SOFC-MEA (ASC-Type $10 \times 10 \text{ cm}^2$) durability test 達 7000 小時，Degradation rate 約 $2.1\% / 1000 \text{ hrs}$, $P = 270 \sim 240 \text{ mW/cm}^2$ (800°C)，OCV $>1.0 \text{ V}$ ，顯示品質優良，近國際水準。相關技術智財已獲專利。
5. 完成 60 片 ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) INER-SOFC-MEA- W-Type 小型量產，以供 INER-1kW-SOFC-Stack 測試使用，達成特定計畫目標 (ASC-Type)。另試製完成 SOFC-MEA ($15 \times 15 \text{ cm}^2$) Anode Substrate 3 Pcs，繼續研發中。

專利獲得如下：

- (1) 李茂傳、高維欣、林泰男、張揚狀、王俊修，「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 Novel Synergistic Process and Recipe for Fabrication of a High Integrity Membrane Electrode Assembly of Solid Oxide Fuel Cell」。歐盟(已獲通知，專利證書辦理中)。

其專利申請清單如下所述：

- (1) 蔡俊煌、黃振興，「燃料電池量測裝置」，美國(申請案號：12/418,287)。

摘要說明：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)氣體流道，而第一(二)高網目導

電網是燒結於第一(二)多孔隙平板上。

- (2)黃振興、蔡俊煌，「Solid Oxide Fuel Cell and Manufacturing Method Thereof」，美國(申請案號：12/483,765)。

摘要說明：一種固態氧化物燃料電池，包括金屬框架、多孔性金屬底材、陽極層、電解質層、陰極介面層以及陰極電流收集層。多孔性金屬底材是配置於金屬框架中，陽極層是配置於多孔性金屬底材上，電解質層是配置於陽極層上，陰極介面層是配置於電解質層上，陰極電流收集層是配置於陰極介面層上。陽極層為多孔奈米結構。此外，一種前述之固態氧化物燃料電池的製作方法亦被提出。

- (3)黃振興、蔡俊煌、孫念祖、余任豐，「電漿噴塗高功率固態氧化物燃料電池及其方法」中華民國(申請案號:098122508)。

摘要說明：一種高功率固態氧化物燃料電池片及其製作方法。電池片包括金屬框架、多孔性金屬基板、第一陽極隔離層、陽極介面層、第二陽極隔離層、電解質層、陰極隔離層、陰極介面層以及陰極電流收集層。經前置程序處理之多孔性金屬基板擁有一圈緻密的外框，但外框以內之金屬基板卻是具高透氣性。多孔性金屬基板之前置處理包括補粉、熱壓及酸蝕三項程序。完成多孔金屬基板之前置處理後便能依序將第一陽極隔離層、陽極介面層、第二陽極隔離層、電解質層、陰極隔離層、陰極介面層及陰極電流收集層鍍在其上。第一陽極隔離層為多孔次微米或微米結構，陽極介面層則為多孔奈米結構，第二陽極隔離層為緻密結構或多孔奈米結構，電解質層具緻密不透氣性，陰極隔離層為緻密結構或多孔奈米結構，陰極介面層為多孔奈米結構或多孔次微米結構，而陰極電流收集層為多孔微米結構。製作電池片時先藉篩選程序將電池片各層之粉末依顆粒大小分成數群，再依各層之性能需求以三氣式高電壓中電流大氣電漿噴塗法完成鍍膜工作，完成之電池片在大氣環境下經 1000°C 以下之後置熱處理後，在 800°C 可輸出 1.2 W/cm² 電功率密度。為方便電池片之堆疊並增強其機械強度，將電池片置於金屬框架內並與金屬框架焊接在一起。

- (4)黃振興、蔡俊煌、孫念祖、余任豐，「多氣式混合器及電漿火炬供氣方法」中華民國(申請案號:098121533)、美國(申請案號

12/608,311)。

摘要說明：本發明為一種多氣式混合器及其混合方法，可將多種氣體依每一種氣體之質量流量控制器控制的氣體流量做任一混合比例的均勻混合。尤其可將在電漿噴塗、電漿切割及電漿清潔等應用領域中常用之重氣體例如氫氣和常用之輕氣體例如氫、氦及氮氣依每一種氣體之質量流量控制器控制的氣體流量做任一混合比例的均勻混合後，供電漿火炬使用。本發明之多氣式混合器主要由混合器腔體、多個氣體旋轉混合單元、多個氣體旋轉擴散混合室、過濾網所組成的。混合器腔體包括多氣體進氣端及混合氣體輸出端；氣體旋轉混合單元可以是順時式旋轉混合單元或者是逆時式旋轉混合單元兩種。為了增加氣體混合的均勻度及減少混合氣體的旋轉動量，可將一具具有多個順時式旋轉混合單元之多氣式混合器與另一具具有多個逆時式旋轉混合單元之多氣式混合器串聯使用。當本發明之多氣式混合器及供氣方法與高速電漿火炬搭配使用時，電漿火炬可在高電壓(>85V)中電流(<650A)穩定工作且所產生之高溫高速長弧電漿火焰，可應用於電漿噴塗鍍膜、切割金屬、物體表面之清潔及殺菌。尤其由於火炬之電極耗損率降低，可進一步提高電漿火炬的使用壽命。於鍍膜應用中高溫高速長弧電漿火焰亦可提高注入粉末的加熱效率。

- (5)王俊修、李茂傳、林泰男、高維欣、張揚狀、「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摘要說明：精密陶瓷粉體程序」，中華民國(申請案號098127051)、美國(申請案號:12/628216)、歐盟，申請中。

摘要說明：本發明係一種關於製作創新(Novel)粉體收集化學反應器，其係應用於胺基乙酸-硝酸鹽燃燒程序法(簡稱 GNC-P)”製備與生產奈米或次微米級具特定成分組成之精密陶瓷粉體，其特徵在於利用一套簡易操作程序，大量生產奈米或次微米級的精密陶瓷粉體，特別是含特定化學成分組成之多種金屬元素氧化物陶瓷粉體材料(ceramic oxide powder with multiple metal components)，不僅具有特高的粉體收集率及產率、良率及安全性，亦可同時滿足工安、環安之特定要求，並且降低生產成本。

- (6)李茂傳、高維欣、林泰男、王俊修、張揚狀、李瑞益、吳思翰、

程永能，“A Novel Measurement Process and Equipments for Determination of the Optimum Contact Pressure Among Stack Units of a High Performance Solid Oxide Fuel Cell Stack (SOFC-Stack)” (October 2009) (中華民國，美國，歐盟)。

摘要說明：本發明為以創新設備與研製程序，量測並確定製作平板型固態氧化物燃料電池堆 (SOFC-Stack) 時其各元件間之最佳接觸壓力。SOFC-Stack 主要組成元件為 SOFC 單元電池 (SOFC-MEA)(Membrane Electrolyte Assembly)(Unit Cell) 單元電池窗型嵌板，電流收集層(Electric Current Collectors)，封裝材料 (Sealing Materials)，與上下連結板(Interconnectors)。本發明主要內容 (一) 執行 SOFC-MEA 單元電池測試(Unit Cell Test)，將電池氧極 NiO+YSZ 以氫氣還原成 Ni+YSZ (cermet)同時執行電性運轉 100 小時后，使電池保持還原狀態。(二) 以特殊定加壓電流計量測電極 (含陰極與陽極) 面之點對點電阻與壓力關係，確認壓力與電阻關係。(三)量測壓力與電極面與電流收集層之點與界面間電阻變化關係。(四)依照壓力與電阻變化關係確定各元件間之必要封裝壓力,以有效製作 SOFC-Stack。本項發明技術，可製作具完全電接觸面/與點之內鍵複合元件，使電池片發電量能高效率輸出於電池堆而達高功率密度與降低因內鍵元件接觸不良造成之功率損失，製作出「具完全電接觸面點與高導電效能之固態氧化物燃料電池堆」，使用於 SOFC 發電系統。

(五)儲氫材料與技術之發展與應用

- 1.建立標準製備 Pt/AC 試樣製程，製備每爐次 20g 級之試樣，使吸氫量在室溫下，能達到目標值。
- 2.針對 Pt/AC 氫氣釋放的特性，孕育新的儲氫匣設計概念，提出 1 案 3 件之專利申請。
- 3.利用量化製作之儲氫材料試樣，置放於儲氫罐中，可以推動功率約 120W 的滑板車，在載重約 50kg 下，可騎乘約 14 分鐘。

其專利申請清單如下所述：

- (1)曹正熙、余明昇、曾怡仁、曾宦雄、鍾翠芸，「儲氫結構形成方法」(中華民國、日本、美國)，所內審查中。

摘要說明：本發明提供一種儲氫結構之形成方法包括有下列步驟：首先，提供一多孔隙基材，其微孔隙洞體積比係大於 0.2 且

該微孔隙洞(micropore)之直徑係小於 2nm，該多孔隙基材更有具碎形(fractal)之奈米孔隙通道網路，其通道之寬度係小於 2.1nm。然後，酸氧化該多孔隙基材以形成一被氧化多孔隙基材。最後，使複數個金屬粒子分別形成於該氧化多孔隙基材的內部孔隙中。利用本發明提供一種儲氫結構形成方法，可使得該儲氫結構係可在室溫下儲存將近 5.9wt%的氫氣，大幅增加儲氫結構之室溫儲存效率。

- (2)曹正熙、余明昇、曾怡仁、曾宦雄、莊浩宇、陳建宏、鍾翠芸，「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」(中華民國、日本、美國)，所內審查中。

摘要說明：本發明提供一種改善儲氫材料孔洞結構方法，藉由內部孔洞的碎型網絡架構之形成，即可有效提昇氫量。其內容主要是創造出儲氫材料內部孔洞的碎型網絡架構，藉以有效增加其儲氫量。本發明強調一儲氫結構，藉由創建該儲存氫原子受體內部孔隙的碎型網絡架構，即可提升該受體在常溫下儲存氫原子之儲存量。利用本發明之方法可以不受儲氫材料的特徵比表面積以及微孔隙體積之影響，僅僅藉由創建儲氫材料內部孔隙之碎型網絡結構，即可達到增加吸氫量之效果。

三、經濟效益(產業經濟發展)(權重10%)

(一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用

化合物半導體太陽電池技術之發展與應用計畫於研發工作過程中整合完成銀(Ag)歐姆接觸電極與厚金屬銀(Ag)電極之製作技術，並且應用於 III-V 族化合物半導體太陽電池的製作，實驗結果顯示，以金屬銀製作完成的電極特性可媲美甚至超越一般習用的金屬金(Au)為主的電極特性。因此，以價格較低廉的金屬銀取代價格較昂貴的金屬金於化合物半導體太陽電池的製作，不僅可減少貴重金屬金(Au)的使用量達 90%以上，據估算對於太陽電池元件的製作成本將可大幅降低至少 1/4~1/3。

(二)奈米結構量子點太陽電池技術發展

量子點高分子太陽能電池朝符合高分子技術特性的應用市場發展。例如以可撓式太陽能電池結合衣服，使衣服可以發電，成為可攜式(Portable)電力、隨身發電廠(Mimic Power Plants)；高分子太陽能

電池具有可透視 (See-Through) 的特性，適合與人類生活環境相結合(例如：建物玻璃、衣服材料產品、裝飾用品、可攜式工具)，該產品之優點為第一代與第二代太陽能電池之瓶頸，並可全面與國內廣泛各行業廠商尋求應用性產品開發

(三)太陽光產氫技術之發展與應用

太陽能產氫研究計畫開發以奈米粉體為主的光觸媒及以奈米鈦管為主的光電極，並進行太陽能產氫用之反應器設計。以價格較低廉的二氧化鈦為材料合成光電極，經實驗結果顯示有相當程度的產氫效率，奈米粉體可以產生每小時 $7030 \mu\text{mol g}^{-1}$ 的氫氣，與國際水準相當。更進一步研究提高其效率，達到可與SOFC或其它燃料電池合併應用，將產生相當之經濟效益。

(四)奈米科技在燃料電池之應用技術發展

- 1.SOFC 產業依國際相關研發與執辦工業團隊評估，可在 5~10 年(即 2012~2020)漸次成熟。由小型(1~5KW)分散式能源供應系統，發展至 MW 級之定置型大發電廠，故 SOFC 研發相關研發展需持續進行，視市場成熟度，即時推出零組件(如 SOFC-MEA/ SOFC-Stack 及相關產品)搶攻利基市場。
- 2.國家對 SOFC 產業投資，需持續進行，一直等到私人企業見商機到位，才可能有私人資金投入，加入產業量產。目前已帶動 2 家國內私人企業加入 SOFC 及其相關產業之建構。

(五)儲氫材料與技術之發展與應用

目前在實驗室階段進行~100 W PEMFC 之滑板車應用系統的展示，後續將逐步擴大量產規模、減少成本及提昇吸放氫速率方向前進，屆時應可應用於較大功率的系統，如醫療輪椅，軍民緊急發電裝置、運輸工具等，展示其經濟效益。

另本計畫完成產業合作委託〈6 案，7,105 千元〉

- (1)「III-V 族多接面太陽能電池的轉換效率機制研究」，800 千元。
- (2)「多激子效應量子點高分子太陽電池之研究」，1980 千元。
- (3)太陽光能水分解產氫先導型裝置系統之材料開發，1700 千元。
- (4)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，750 千元
- (5)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，675 千元

(6)非傳統高效碳基儲氫材料之開發，1200 千元。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 5%)

(一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用

- 1.化合物半導體太陽電池技術之發展與應用計畫於本年度計畫執行完畢後，除了達成太陽電池能量轉換效率 37%以上的計畫目標外，並且建立完成以金屬銀為主的 III-V 族半導體元件的電極製程技術能力；該項銀電極製程技術的建立除了可降低光電半導體元件的電極製作成本，簡化縮短半導體元件的製程時間，亦可提高聚光型太陽電池與其他光電半導體元件產品的市場競爭力。未來若能將此研發成果順利技轉，推廣落實於國內光電相關產業，據估計至少可協助國內廠家開創近億元以上的市場商機及數十個以上的就業機會。
- 2.化合物半導體太陽電池技術之發展與應用計畫，以銀歐姆接觸電極與厚金屬銀電極取代一般習用的金歐姆接觸電極與厚金電極，除了可降低太陽電池的電極製作成本，亦可簡化縮短太陽電池元件的製程時間，降低能源的使用量，達到節能的目的。
- 3.化合物半導體太陽電池技術研發工作，進用專支技術員 1 位及 1 位博士替代役人員及 1 位碩士替代役人員，培植博士班研究生 1 位，碩士班研究生 4 位。

(二)奈米結構量子點太陽電池技術發展

- 1.奈米結構量子點太陽電池技術發展計畫，主要以導電高分子混摻無機量子點為太陽電池主動層材料。由於導電高分子及無機量子點皆可使用溶液製程方式進行混摻成膜，因此製程簡便、可以連續塗佈、印刷；並因所需之材料少、環保性高，可大幅降低二氧化碳的排放量，進而達到環保節能之效果。
2. 奈米結構量子點太陽電池技術研發工作，進用 1 位博士專支人員、1 位碩士專支人員及 1 位博士替代役人員、3 位碩士替代役人員，培植博士班研究生 2 位，碩士班研究生 1 位。

(三)太陽光產氫技術之發展與應用

- 1.太陽能產氫研究計畫，如能達成計畫目標的光電轉換效率到達 15

％，其產氫效率預估也可達一定之水準，同時建立先導型之小型產氫設備及製程並接洽有意願合作之廠商，早一步投入產業，並研擬技轉進度，推廣氫能無碳的能源產業，將會對未來的能源產業帶來一股龐大的商機及就業機會。

2. 太陽能產氫研究計畫，以價格較低廉的二氧化鈦為材料合成光電極並產生氫氣，氫氣經過使用後只會產生無污染之水，並無任何的碳產生，對地球的永續生存將是一大貢獻。
3. 太陽能產氫研發，進用 2 碩士專支人員及 1 博士替代役人員，培植博士班研究生 1 位。

(四) 奈米科技在燃料電池之應用技術發展

1. 電漿噴塗研發工作，新進 1 位碩士專支人員及 1 位博士替代役人員。
2. SOFC 奈米級材料與元件之研製與測試計畫，進用 2 位博士替代役人員及 2 位碩士替代役人員，培植博士班研究生 2 位，碩士班研究生 5 位。
3. SOFC 能源轉化效率高達 70%，為一般能源轉化系統效率之 2~3 倍，能降低石化原料之消耗量而減少 CO₂ 排放，達到節能減碳效果。
4. SOFC 不經燃燒直接發電程序，無噪音且排放氣體無 NOX、SOX 等有毒廢氣，大量降低環境污染源，是極優秀之能源轉化器，具取代內燃機之潛能。

(五) 儲氫材料與技術之發展與應用

1. 藉由本計畫的推動與現階段之研發，顯示奈米多孔材料儲氫的能力及潛力，以及應用於高功率應用系統的可能性，將有助於未來氫能經濟的推動。
2. 氫能經濟的推廣主要是在環保上，配合其他再生能源的配套，可以達到完全排除石化能源所造成的溫室效應，此外，也可以建立自主的能源系統，而不致於需要 90% 以上的進口能源。
4. 儲氫材料技術研發計畫，於年中陸續補充研發人員，至年底共進用 1 位博士專支人員，2 位碩士專支人員及 1 位博士替代役人員及 2 位碩士替代役人員，培植博士班研究生 1 位，碩士班研究生 3 位。

五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 5%)

(一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用

化合物半導體太陽電池技術之發展與應用計畫於研發工作過程中，分別與國內中原大學、中興大學及成功大學作 III-V 族太陽電池相關材料元件之合作，及提供相關教學/研究服務，培養國內 III-V 族太陽電池相關人才。

(二)奈米結構量子點太陽電池技術發展

奈米結構量子點太陽電池研究計畫，與國內台灣大學材料系合作，進行無機量子點和有機導電高分子材料之研發及太陽電池元件系統之製備，培育國內高分子太陽電池相關人才。

(三)太陽光產氫技術之發展與應用

太陽能產氫研究計畫於研發工作過程中，除了同時與國內中原大學做相關之材料研發，提供相關研究服務及培養相關人才；同時在奈米展參展時，有多家廠商對本單位之奈粉體有高度之興趣，紛紛詢問有無出售應用之相關服務。

(四)奈米科技在燃料電池之應用技術發展

1. 奈米科技在燃料電池之應用技術發展，未來將與國內企業 Leatec & Kaori 合作發展 SOFC 相關產業，初步達成共識。
2. 奈米科技在燃料電池之應用技術發展工作與國內大學(清大、成大、北科大、中大)進行委託合作研究案，訓練國內 SOFC 相關人才，並發表論文，成效良好。
3. 利用物理組電漿噴塗技術，氫、氦、氬多氣式混合器之發明及電漿噴塗高功率SOFC電池片新製程之發明，達成建立自組電漿噴塗系統，並使得 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 電漿噴塗金屬支撐SOFC電池片具有更高的電功率輸出及更小的衰減率，其特性已超越世界目前水準。

(五)儲氫材料與技術之發展與應用

1. 儲氫材料與技術之發展與應用工作，與中央大學化材系合作，主要研發合成高比表面積之活性碳球，目前BET比表面積已達 $3000 \text{ m}^2/\text{g}$ ，惟孔洞結構呈雙範圍分佈，尚待進一步探討，另外本計畫亦培養國內有關活性碳球合成相關人才。

此外，經由與國內學術界合作，培養國內在奈米技術發展的人才，於本年度共培育 13 名碩士及 5 名博士生。其清單如下所述：

項目	姓名	學校	系所	碩士	博士	所屬計畫名稱
1	楊敏德	中原大學	應用物理研究所		✓	化合物半導體太陽電池技術

						展與應用
2	周昇廷	中原大學	應用物理研究所	✓		化合物半導體太陽電池技術展與應用
3	廖偉全	中原大學	應用物理研究所	✓		化合物半導體太陽電池技術展與應用
4	黃信傑	中原大學	應用物理研究所	✓		化合物半導體太陽電池技術展與應用
5	劉育凱	中原大學	應用物理研究所	✓		化合物半導體太陽電池技術展與應用
6	涂煜杰	台灣大學	材料系		✓	奈米結構量子點太陽電池技 展
7	黃國棟	台灣大學	材料系		✓	奈米結構量子點太陽電池技 展
8	廖學中	台灣大學	材料系	✓		奈米結構量子點太陽電池技 展
9	郭明源	中原大學	化學系	✓		太陽光產氫技術之發展與應
10	陳育鈞	台北科技 大學	材資所	✓		奈米科技在燃料電池之應用 發展
11	林志洋	台北科技 大學	材資所	✓		奈米科技在燃料電池之應用 發展
12	黃潤棠	台北科技 大學	材資所	✓		奈米科技在燃料電池之應用 發展
13	周建良	清華大學	化工系		✓	奈米科技在燃料電池之應用 發展
14	吳貞儀	清華大學	化工系	✓		奈米科技在燃料電池之應用 發展
15	陳嫻玫	清華大學	化工系	✓		奈米科技在燃料電池之應用 發展
16	田傑文	中央大學	機械	✓		儲氫材料與技術之發展與應
17	丁君強	中央大學	化學系		✓	儲氫材料與技術之發展與應
18	陳柏同	中央大學	化學系	✓		儲氫材料與技術之發展與應
19	許嘉鴻	中央大學	化材系	✓		儲氫材料與技術之發展與應

陸、與相關計畫之配合

本計畫所開發的相關技術如 SOFC 電池堆、III-V 族太陽電池可與新能源計畫相配合，將完成之聚光型太陽電池元件製程技術使用於聚光型太

陽光電發電系統的建置並發展國內 SOFC 之潔能技術及產品，建立國內 SOFC 產業；並透過技術推廣管道將技術移轉落實於國內業界，創造更大利用價值。

柒、後續工作構想之重點

本計畫原屬奈米國家型科技計畫，因配合能源國家型計畫之成立，於 99 年度移至能源國家型計畫繼續執行，其 98 年執行成果亦列為能源國家型計畫之成果，後續各分項工作構想之重點如下：

一、化合物半導體太陽電池技術之發展與應用

(一)主要包含下列的工作項目：

1.多接面太陽電池之 MOCVD 磊晶技術之建立包含下列的工作項目：

(1)鍺(或砷化鎵)基板上生長晶格匹配(lattice-matched)的砷化鎵(GaAs)與磷化銦鎵(InGaP)系列 III-V 族材料的磊晶條件建立。

(2)砷化鎵穿隧二極體(tunneling diode)與磷化銦鎵穿隧二極體磊晶條件建立。

(3)鍺(或砷化鎵)基板上 InGaP/GaAs 雙接面太陽電池磊晶生長條件建立。

(4)鍺基板上 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池磊晶生長條件建立。

2.多接面太陽電池元件製程技術之精進

(1)含銀歐姆電極退火條件與聚光型 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池串聯電阻及太陽電池元件特性影響之研究。

(2)雙層光學鍍膜製程技術之精進。

二、奈米結構量子點太陽電池技術發展

本計畫關鍵內容為藉由開發高量子效率量子點溶液化學製程技術及低成本新穎型低能階導電高分子合成技術之建立，並繼以研究建立各種奈米結構太陽電池元件之原型及製程，達成量子點/高分子太陽電池模組製作之最佳化。後續研究將以下述構想依序進行：

(一)開發量子點材料溶液化學製程：持續改進量子點材料溶液相合成技術，改換不同之反應物，調整反應溫度與時間或進一步使用壓力鍋再處理合成出之量子點，並對量子點之表面進行改質，以提

高量子點之結晶度，降低表面缺陷及提高量子點與高分子混摻時之溶解度。使其具有更快速之電子傳輸效率，並降低電子及電洞再結合之機率，以提高製作太陽電池時之效率。

(二)開發低成本新穎型低能階導電高分子之合成技術：導電高分子為傳導電子及電洞至電極的材料，好的低能階導電高分子材料可以降低電子電洞對的復合(recombination)時間，吸收更多之太陽光，提升元件之效率。

(三)量子點/高分子太陽電池元件製作改善：持續調整改進太陽電池製程參數，如選擇混摻較佳之溶液，調控混摻溫度及時間，並改變樣品熱處理之溫度及時間，或主動層和電極之厚度。以找出影響之種類或原因，以提高元件效率。並開發大面積印製技術。

三、太陽光產氫技術之發展與應用

(一)使用原有之 sol-gel 奈米粉體製備技術，再進一步以鹼溶法合成製備成奈米級鈦管，使其更具有快速之電子傳輸效率，並降低電子及電洞之再結合速率，再摻雜不同貴重金屬增加活性反應基座，使產氫之效率能有顯著之提升。同時擬以不同之製備方式，找出延長光觸媒壽命之機制，並以反應後之光觸媒進行分析，找出影響其效率及失活之因素，作為光觸媒改質之目標。

(二)調整陽極氧化製備奈米陣列鈦管之參數，調整鈦管陣列之長度及孔徑，並進行相關之改質研究，並摻雜不同之氣體鍛燒造成不同缺陷及晶格，以期能更有效達成提升水分解產氫效率之研究。

四、奈米科技在燃料電池之應用技術發展

(一)製作 SOFC-MEA(ASC-Type) 其 Dimensions: $10 \times 10 \sim 15 \times 15 \text{ cm}^2$, Durability:1000hrs. Degradation rate:<2%/1000hrs. Power density $P_{\text{max}}=400 \sim 600 \text{ mW/cm}^2$ (800oC)。

(二)製作 SOFC-MEA(MSC-Type) 其 Dimensions: $10 \times 10 \sim 15 \times 15 \text{ cm}^2$, Durability:1000hrs. Degradation rate:<10%/1000hrs. Power density $P_{\text{max}}=300 \sim 500 \text{ mW/cm}^2$ (750°C)。

(三)配合電池單元效能測試過程建立電化學阻抗頻譜量測技術,確認電化學反應機制對應之阻抗頻譜特性

(四)電漿噴塗方面：開發多孔金屬基板，降低電漿噴塗 SOFC 電池片製作成本近一半，精進電漿噴塗製程及電池片參數，提高電池片

之電性及耐久性。

五、儲氫材料與技術之發展與應用

未來計畫工作重點構想如下：

- (一)未來開發量化製作程序，並逐步提供儲氫匣所需數量之儲氫材料。
- (二)儲氫匣設計、改善與運作以及試樣裝填及充氫以及不同功率展示系統運作。
- (三)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，提昇儲氫材料之儲放氫速率。
- (四)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。
- (五)試樣保存及除氣及活化對儲氫能力之探討。
- (六)儲氫量測結果與驗證，建立並分析可能的儲放氫機制量化試樣經歷更多的測試及測試方法與步驟之改善等，都應該改善此差異，獲得應有的氫氣釋放量。

捌、檢討與展望

一、化合物半導體太陽電池技術之發展與應用

化合物半導體太陽電池技術之發展與應用計畫於本年度計畫執行完畢後，除了達成太陽電池能量轉換效率 37%以上的計畫目標外，並且建立完成以金屬銀為主的 III-V 族半導體元件的電極製程技術能力；該項銀電極製程技術的建立可降低光電半導體元件的電極製作成本與簡化縮短半導體元件的製程時間，進而降低能源的使用量，達到節能的目的；未來，待將此研發成果順利技轉，推廣落實於國內光電相關產業藉以協助國內廠家開創更多市場商機及就業機會。

本年度亦完成 MOCVD 磊晶機台的建置，未來在 III-V 族太陽電池的元件研發上將可具有更大的空間與彈性。然而，由於本所在磊晶機台的建置時間較晚，相關磊晶的關鍵技術之建立起步遠落後於業界與國際知名研究機構，除了要投入充分的人力與資源應用於研發工作，加強人員的訓練以加速研發腳步；另一方面，亦要延攬具 GaAs-based 系列材料磊晶經驗的人力加入研發團隊，期望能在較短的期間內建立磊晶關鍵技術，突破技術瓶頸，縮短與國際水準的落

差，並且進一步迎頭趕上國際水準。

二、奈米結構量子點太陽電池技術發展

目前世界上高分子太陽電池之元件效率最高者均在 5~6%，皆採用 P3HT / PCBM (即碳六十衍生物) 混摻型，之後若需更進一步提升效率則需透過元件奈米結構及製程參數的改進、加入具有多激子效應之無機量子點或是開發新型之導電高分子等方面著手。本所研發不以最普遍 P3HT / PCBM solar cell 為基礎，而以 P3HT / TiO_2 solar cell 為基礎延伸發展加入奈米結構或多激子效應之量子點，這樣方有專利獨步的空間。現階段正在開發的 Bi_2S_3 或 Bi_2Se_3 等無機量子點屬環保(無毒)型量子點且同時具有多激子的效應，於國際上尚未發展(具前瞻性)；除此之外，亦同時開發新型導電高分子(具有較低的能隙，以增加對於太陽光之吸收量)藉以取代 P3HT。未來將加入 Bi_2S_3 或 Bi_2Se_3 等無機量子點來作光電轉換之材料(取代導電高分子作為主要光電轉換物質)，此(低能隙導電高分子/ TiO_2 /多激子量子點) solar cell 有機會前進至 5%，但仍需日後製程上的調控。

三、太陽光產氫技術之發展與應用

目前全球產氫技術使用不同材質及技術，進行以太陽能水分解產生氫氣，其轉換效率最高約 5~6%，光電轉換效率約~18%左右，但一般光觸媒粉體之製程皆相當繁複，本計畫期能研發一簡便又容易調控之製程技術合成產氫光觸媒電極，待技術成熟穩定有一定之產氫效能後，再進一步以網印或旋轉塗佈方式製造大面積之產氫光電極，並達到相當程度的光電轉換效率及產氫速率後，以落實日後綠色能源應用、無 CO_2 污染之基礎。

四、奈米科技在燃料電池之應用技術發展

本項 SOFC-MEA 研發所涉技術甚難、層次甚高，其結合精密陶瓷粉體與薄膜關鍵技術，研發人員無不戰戰兢兢的解決關鍵難處，同時本項技術，國外生產機構，嚴禁外洩或技轉，增添本計劃之艱難與測試智能。所幸本所能突破萬難，獨立建立本國 SOFC 產業相關技術，確實不易值得嘉獎，由於 SOFC 市場成熟度尚未充分，因此立即利益，尚不明顯，私人企業投入，亦在觀望階段。

目前本計畫已突破可行性考驗，因此年度新人力加入，使研發能量大增。研發成果也已佈局專利智財並發表於電化學頂級 SCI. J.

備受國際肯定。但經費仍有不足之憾，因此期望增加預算並做長期耕拼之企圖與決心。

五、儲氫材料與技術之發展與應用

本項工作在學術方面已發表兩篇論文於 JACS 期刊，其研究創新與結果受到肯定，未來當加強實用性之探討，以技術轉移業界。

填表人：李瀛生 聯絡電話：03-4711400 轉 3480 傳真電話：

E-mail：yslee@iner.gov.tw

附錄一、主要成就與量化成果清單

No.	論文名稱	作者	所屬計畫名稱	期刊(年份)	卷數/期數/頁次	SSCI	SCI	EI	屬性
1	薄膜型砷化鎵/反射鏡/散熱基板之太陽電池模擬分析與研製	洪瑞華,曾明俊,游信和,倪赫擎,武東興,吳志宏,趙志剛	奈米科技在新能源之應用發展	電子月刊	15/5/128~140				國內期刊論文
2	大氣電漿噴塗 LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGM/LSCF-LSCF 中溫固態氧化物燃料電池	蔡俊煌,黃振興,孫念祖,余任豐	奈米科技在新能源之應用發展	陶業研究學會會刊	28/2/24~31				
3	Plasma Sprayed Nickel Metal Supported YSZ/Ni-LSGM-LSCF ITSOFC	蔡俊煌,黃振興	奈米科技在新能源之應用發展	Progress in Development and Applications of Renewable energy-2009-ISBN	978-986-01-8796-0				
4	金屬有機框架材料之奈米結構與室溫儲氫能力及其未來前景	曹正熙,余明昇	奈米科技在新能源之應用發展	自然科學簡訊	21/2/1-3, 43~46				
5	直流電漿火炬在奈米觸媒製備之原理與應用	李灝銘,周明達,曾錦清,黃振興,張木彬	奈米科技在新能源之應用發展	化工月刊(accepted)					
國內期刊論文小計 5 篇									
1	Application of Low-Voltage Electrophoretic Deposition to Fabrication of Direct Methanol Fuel Cell Electrode Composite Catalyst Layer	鄭俊才,許寧逸	奈米科技在新能源之應用發展	MATER CHEM PHYS (2009)	113/2-3/574-578		✓		國外期刊論文
2	Three-dimensional Electrodes for Dye-sensitized Solar Cells: Synthesis of Indium-tin-oxide (ITO) Nanowires Arrays and ITO/TiO ₂ core-shell	H.W. Wang, C.F. Ting, M.K.Hung, C.H. Chiou, Y.L. Liu, Z.W. Liu, ;K.R. Ratinac, and S.P. Ringer,	奈米科技在新能源之應用發展	Nanotechnology (2009)	20/5/055601		✓		

3	Co-electrodeposition of Pt–Ru Electro catalysts in Electrolytes with Varying Compositions by a Double-potential Pulse Method for the Oxidation of MeOH and CO	J.J. Jow; S.W. Yang, H.R. Chen, M.S. Wu, T.R. Ling, and T.Y. Wei,	奈米科技在新能源之應用發展	International Journal of Hydrogen Energy(2009)	34/665			✓	
4	Breeding Phenomenon of Nickel in Anode of Solid Oxide Fuel Cell Via Electrochemical Reaction	C.H. Wang, M.C. Lee, T.J. Huang, Y.C. Chang, W.X. Kao and T.N. Lin,	奈米科技在新能源之應用發展	Electrochemistry Communications, (2009)	11/7/1381-1384.			✓	
5	Plasma-Sprayed YSZ/Ni–LSGM–LSCo Intermediate-Temperature Solid Oxide Fuel Cells	C.H. Lo, C.H. Tsai, C.S. Hwang	奈米科技在新能源之應用發展	Int. J. Appl. Ceram. Technol(2009).	6 /4/513–524			✓	
6	Nanostructure And Hydrogen Spillover of Bridged Metal-organic Framework	Cheng-Si Tsao, Ming-Sheng Yu, Cheng-Yu Wang, Pin-Yen Liao, Hsin-Lung Chen, U-Ser Jeng, Yi-Ren Tzeng, Tsui-Yun Chung, Hsiu-Chu Wu	奈米科技在新能源之應用發展	J. Am. Chem. Soc.(2009)	131/81404-1406			✓	
7	High Sensitivity Raman Scattering Substrate Based on Au/La _{0.7} Sr _{0.3} MnO ₃ Periodic Arrays	Ming-Chung Wu, Yi Chou, Chih-Min Chuang, Che-Pu Hsu, Jih-Fong Lin, Yang-Fang Chen, and Wei-Fang Su	奈米科技在新能源之應用發展	ACS Applied Material & Interface(2009)	1/2484-2490			✓	

8	Experimental and Theoretical Investigation into Hydrogen Storage via Spillover in IRMOF-8	Michael A. Miller, C.Y. Wang and Grant N. Merrill	奈米科技在新能源之應用發展	Phys. Chem. C., (2009)	113/8/3222-3231.		✓		
	國外期刊論文小計 8 篇								
1	以銀鎳做為正型鎢的歐姆接觸電極 (Ag-ga Ohmic Contact for P-type Ge)	林容生, 廖森茂, 吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2009 中華民國物理年會(2009)					國內研討會論文
2	Growth and Optical Characterization of ZnSeO Grown on GaAs	陳政佑, 蔡振瀛, 趙志剛, 吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	九十八年中國材料科學學會年會(2009)					
3	以射頻磁控濺鍍法製備釔安定氧化鋯薄膜之研究 (Preparation Of Ytria-stablized Zirconia Films By R.f. Magnetron Sputter Deposition)	林泰男, 李茂傳, 高維欣, 王俊修, 胥耀華, 張揚狀	奈米科技在新能源之應用發展	九十七年中國材料科學學會年會(2008)					
4	Study Of Well-dispersed Ysz Suspension with Nano-scale Particle Size for Fabricating The Dense Ysz Thin Film in Anode-supported SOFC-MEA	張揚狀, 李茂傳, 王俊修, 林泰男, 高維欣	奈米科技在新能源之應用發展	九十七年中國材料科學學會年會((2008)					
5	利用氨基乙酸-硝酸鹽程序製備釔鈣氧化粉體	高維欣, 李茂傳, 王俊修, 張揚狀, 林泰男	奈米科技在新能源之應用發展	九十七年中國材料科學學會年會(2008)					
6	Performance of Atmospheric Plasma Sprayed and Metal Supported YSZ/Ni-LSGM-LSCF Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells	黃振興, 蔡俊煌, 孫念祖	奈米科技在新能源之應用發展	九十七年中國材料科學學會年會(2008)					
7	大氣電漿噴塗 LDC/Ni-LSGM-LSGM/LSCF- LSCF 燃料電池 (Atmospheric Plasma Sprayed LDC/Ni-LSGM-LSGM/LSCF-LSCF Fuel Cells)	蔡俊煌, 黃振興, 孫念祖	奈米科技在新能源之應用發展	第三屆全國氫能與燃料電池學術研討會(2008)					
8	電漿噴塗固態氧化物燃料電池 NiO/LDC 陽極塗層之熱應力分析	楊永欽, 王毓清, 蔡俊煌, 黃振興	奈米科技在新能源之應用發展	九十七年中國材料科學學會年會(2008)					

9	電漿熔射噴塗固態氧化物燃料電池各塗層之殘留熱應變分析	楊永欽,王毓清,蔡俊煌,黃振興	奈米科技在新能源之應用發展	第三屆全國氫能與燃料電池學術研討會(2008)					
10	Ac Impedance Analysis of IT-SOFCs Produced by Atmospheric Plasma Spraying	蔡俊煌,黃振興,余任豐,孫念祖	奈米科技在新能源之應用發展	2009 年陶業學會年會(2009)					
11	奈米銀對以 LDC/NiO-LDC-LSGM-LDC/LSCF-LSCF 中溫 SOFC 之電性影響	余任豐,黃振興,蔡俊煌,	奈米科技在新能源之應用發展	九十八年中國材料科學學會年會(2009)					
12	Metal-supported LDC/Ni-LDC-LSGM-LSGM/LSCF-LSCF IT-SOFCs Produced by Atmospheric Plasma Spraying	蔡俊煌,黃振興,余任豐,胥耀華,程世偉,	奈米科技在新能源之應用發展	九十八年中國材料科學學會年會(2009)					
13	Effect of Torch Power on Microstructure and Performance of Atmospheric Plasma-Sprayed LSCF/LSGM Composite Cathodes	黃振興,蔡俊煌,余任豐,林君孟,張鈞量	奈米科技在新能源之應用發展	The 4rd National Conference on Hydrogen Energy and Fuel Cell(2009)					
14	以射頻濺鍍沈積法製備二氧化鈦光電極之研究 Study of Photocatalytic TiO ₂ Thin Film Prepared by Radio Frequency Sputtering	劉玉章,黃朝偉,廖啟宏,劉玉章,邱垂煥,吳紀聖,曾育貞	奈米科技在新能源之應用發展	2009 化工年會	S1300~1350 Post Session				
15	奈米結構氧化物之鈦管製備及光催化特性分析	曾育貞,劉玉章,呂永方,鍾人傑	奈米科技在新能源之應用發展	九十八年中國材料科學學會年會(2009)					
16	水熱法製備M-TiO ₂ 光觸媒及其在產氫程序上之應用	劉玉章,曾育貞,呂永方,鍾人傑,魏聰揚	奈米科技在新能源之應用發展	九十八年中國材料科學學會年會(2009)					
	國內研討會論文小計 16 篇								
1	The Influence of Void Percentage in the Solder Layer On the Heat Transfer Of Solar Cell	葉宇能,蕭淑慧,溫武義,洪慧芬,施圳豪	奈米科技在新能源之應用發展	2008 國際電子元件暨材料研討會					國外研討會論文
2	A method to Analyze Series Resistance and	高治舟,陳孟炬,	奈米科技在新能源之應用發展	2009 國際電子元件					

	Diode Ideality Factor of InGaPInGaAsGe Tandem Solar Cell	劉庚昇,黃朝偉,林楷翔,吳志宏	展	暨材料研討會					
3	High Power Density Metal-supported ITSOFC Fabricated by Plasma Spraying	黃振興,蔡俊煌,余任豐,胥耀華,程世偉	奈米科技在新能源之應用發展	International Symposium on Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications(2009)					
4	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,蔡俊煌,余任豐,林君孟	奈米科技在新能源之應用發展	International Symposium on Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications(2009)					
	國外研討會論文小計 4 篇								

表二、人才培育清單(含培訓)

No.	姓名	學校或服務機構	系所	碩士	博士	屬性	所屬計畫名稱
1	楊敏德	中原大學	應用物理研究所		✓	培育	奈米科技在新能源之應用發展
2	周羿廷	中原大學	應用物理研究所	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
3	廖偉全	中原大學	應用物理研究所	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
4	黃信傑	中原大學	應用物理研究所	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
5	劉育凱	中原大學	應用物理研究所	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
6	涂煜杰	台灣大學	材料系		✓	培育	奈米科技在新能源之應用發展
7	黃國棟	台灣大學	材料系		✓	培育	奈米科技在新能源之應用發展
8	廖學中	台灣大學	材料系	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
9	郭明源	中原大學	化學系	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
10	陳育鈞	台北科技大學	材資所	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
11	林志洋	台北科技大學	材資所	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
12	黃潤棠	台北科技大學	材資所	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
13	周建良	清華大學	化工系		✓	培育	奈米科技在新能源之應用發展
14	吳貞儀	清華大學	化工系	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
15	陳嫻玫	清華大學	化工系	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
16	田傑文	中央大學	機械	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
17	丁君強	中央大學	化學系		✓	培育	奈米科技在新能源之應用發展
18	陳柏同	中央大學	化學系	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
19	許嘉鴻	中央大學	化材系	✓		培育	奈米科技在新能源之應用發展
			合計	14	5		

表三、研究報告/技術報告清單

No.	名稱	作者	所屬計畫名稱	出版年月	頁數	出版單位	屬性
1	赴德國愛司強公司討論高聚光太陽電池晶片合作開發事宜與 MOCVD 廠驗暨訓練並參訪布魯克生命科學公司	吳志宏,趙志剛	奈米科技在新能源之應用發展	2009.08	13	核能研究所	研究報告
2	InGaP/InGaAs/Ge 多接面太陽電池串聯電阻、理想因子與並聯電阻的量測與分析	高治舟,陳孟炬,劉庚昇,黃朝偉,林楷翔,趙志剛,吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	16	核能研究所	
3	III-V 族三接面太陽電池於高聚光太陽光照射下之電性研究	高治舟,劉庚昇,張峻領,侯杰利,楊敏德,陳孟炬,吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	21	核能研究所	
4	以不同載台旋轉速度長時間生成氧化鋅膜之研究	劉庚昇,黃朝偉,張峻領,吳志宏,林楷翔,楊敏德	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	25	核能研究所	
5	DMFC 膜電極組之劣化機制與防治	諸柏仁,陳長盈,查厚錦	奈米科技在新能源之應用發展	2009.01	37	核能研究所	
6	利用新穎技術製備直接甲醇燃料電池陰陽極擴散層之觸媒介質	葉宗洸,陳長盈,查厚錦	奈米科技在新能源之應用發展	2009.01	46	核能研究所	
7	藉由表面改質進而改善聚三己基噻吩摻二氧化鈦奈米桿之有機太陽能電池效率	羅喜興,莊智閔,曹正熙,陳長盈,楊村農,	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	42	核能研究所	
8	二氧化鈦摻雜不同金屬之光觸媒水分解產氫研究	曾育貞,劉玉章,呂永方	奈米科技在新能源之應用發展	2009.07	37	核能研究所	
9	新型分離式水分解產氫光電化學反應器的可行性研究	鄭俊才,劉玉章,呂永方,曾育貞,鍾人傑,魏聰揚	奈米科技在新能源之應用發展	2009.09	38	核能研究所	

10	二氧化鈦奈米管之製備與改質及其在水分解產氫研究	曾育貞,劉玉章,呂永方	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	34	核能研究所	
11	二氧化鈦擔載鉑觸媒光觸媒之水分解產氫應用	劉玉章,鍾人傑,呂永方,曾育貞	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	40	核能研究所	
12	以薄膜電極組成為主體之光電化學產氫反應器的研發	鄭俊才,劉玉章,呂永方,曾育貞,鍾人傑,魏聰揚	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	39	核能研究所	
13	於二氧化鈦金屬片上製備有序陣列排列之奈米鈦管	呂永方,劉玉章,曾育貞	奈米科技在新能源之應用發展	2009.09	36	核能研究所	
14	固態氧化物燃料電池膜電極組(W20-2)之製備及其電性測試	王俊修,李茂傳,高維欣,張揚狀,林泰男,胥耀華,程世偉	奈米科技在新能源之應用發展	2009.06	22	核能研究所	
15	金屬支撐兼具燃料催化與導流功能基板型之 SOFC-MEA 程序開發	黃大仁,李茂傳,高維欣,林泰男,王俊修,張揚狀,	奈米科技在新能源之應用發展	2009.01	26	核能研究所	
16	參加 2009 日本 Nano Tech 國際奈米技術展公差報告	李茂傳,曾怡仁	奈米科技在新能源之應用發展	2009.04	63	核能研究所	
17	旋轉塗佈法製備固態氧化物燃料電池膜電極組(W-58)之電性及耐久性測試	高維欣,李茂傳,王俊修,張揚狀,林泰男,胥耀華,程世偉	奈米科技在新能源之應用發展	2009.04	34	核能研究所	
18	以旋轉塗佈法製備固態氧化物燃料電池膜電極組(W-23-2)	張揚狀,李茂傳,王俊修,林泰男,高維欣,胥耀華,程世偉	奈米科技在新能源之應用發展	2009.05	25	核能研究所	

19	核能研究所固態氧化物燃料電池膜電極組(LW3)之製備	林泰男,李茂傳,王俊修,高維欣,張揚狀,胥耀華,程世偉	奈米科技在新能源之應用發展	2009.07	34	核能研究所	
20	固態氧化物燃料電池膜電極組(S69)之電性及耐久性測試	林泰男,李茂傳,王俊修,高維欣,張揚狀,胥耀華,程世偉	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	21	核能研究所	
21	氫氫氫混合氣電漿射入大氣環境之研究	陳中生	奈米科技在新能源之應用發展	2009.07	24	核能研究所	
22	電漿噴塗過程中熔融顆粒固化模式之研究	陳中生	奈米科技在新能源之應用發展	2009.08	33	核能研究所	
23	電漿塗層之機械性能及熱應力分析	楊永欽,黃振興	奈米科技在新能源之應用發展	2009.02	30	核能研究所	
24	SOFC 金屬支撐電池之金屬基板補強與真空高溫熱壓機使用報告	孫念祖,黃振興,蔡俊煌,余任豐	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	35	核能研究所	
25	LDC/NiO-LDC-LSGM-LDC/LSCF-LSCF 中溫型 SOFC 含浸奈米銀之效果探討	余任豐,黃振興,蔡俊煌	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	15	核能研究所	
26	架橋金屬有機骨架材料儲氫量測、合成及其特性分析	鍾翠芸,明昇,曹正熙	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	32	核能研究所	
27	金屬有機骨架(MOF-5)材料結構特性及其保存方法	鍾翠芸,余明昇,曹正熙	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	45	核能研究所	
28	硫化鉍奈米晶體之合成	莊智閔,羅喜興,廖學中,林唯芳,曹正熙,陳長盈,楊村農	奈米科技在新能源之應用發展	2009.11	41	核能研究所	

29	電化學交流阻抗分析應用於電池單元測試	程世偉	奈米科技在新能源之應用發展	2009.11	21		
30	活性碳試樣儲氫與放氫模式之探討	董成祥	奈米科技在新能源之應用發展	2009.11	33		
31	參加第二屆台俄氫能燃料電池技術研討會	李瀛生	奈米科技在新能源之應用發展	2009.11	17		
32	Fabrication and Characterization of Ba _{0.5} Sr _{0.5} Co _{0.8} Fe _{0.2} O _{3-δ} -GDC Cathode for Anode Supported SOFC	高維欣;李茂傳, 林泰男;王俊修	奈米科技在新能源之應用發展	2009.12	23		
	研究報告小計 32 篇						
1	高科無塵室供水系統建置報告	黃兆輝,吳志宏, 張正雄,陳孟炬, 侯杰利	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	24	核能研究所	技術報告
2	核能研究所太陽光電專案計畫輻射防護作業程序	劉庚昇,黃朝偉, 趙志剛,高治舟, 楊敏德,吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	25	核能研究所	
3	028 館磊晶實驗室緊急應變流程標準作業	張峻領,黃朝偉, 林楷翔,劉庚昇, 楊敏德,趙志剛, 高治舟,吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	31	核能研究所	
4	電化學法電流電壓縱向載子濃度量測儀中文操作手冊(型號 PN4400PC)	黃朝偉,林楷翔, 劉庚昇,張峻領, 吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	29	核能研究所	
5	SOFC 單元電池之運轉效能測量程序書 V.2	程世偉,胥耀華, 彭成昌	奈米科技在新能源之應用發展	2009.10	30	核能研究所	
6	儲氫系統及氫氣釋放系統操作手冊	余明昇,吳秀珠	奈米科技在新能源之應用發展	2009.05	29	核能研究所	

7	高壓儲氫系統及溫度程控脫附質譜儀標準操作手冊	鍾翠芸,余明昇	奈米科技在新能源之應用發展	2009.04	23	核能研究所	
	技術報告小計 7 篇						

表四、專利獲得清單(含申請中案件)

No.	專利名稱	申請人	所屬計畫名稱	申請日期	專利申請國	專利案號	專利期限	核准日期	申請中或已核准	備註
1	以奈米碳材承載觸媒之薄膜燃料電池電極結構	鄭俊才,黃婉敏	奈米科技在新能源之應用發展	2008-11-28	中華民國	新型第 M355465 號	2009-04-21~2018-11-27	2009-04-21	核准	
2	光開關結構改良	吳志宏,張凱勝,辛華煜,曾衍彰	奈米科技在新能源之應用發展	2006-05-25	美國	(US7,508,573B2)	2006-05-25~2026-05-24	2009-03-24	核准	
3	晶圓夾體之結構改良	吳志宏,張凱勝,朱冠宇,邱烘盛	奈米科技在新能源之應用發展	2007-05-14	美國	(US7,562,922B2)			核准	已接通知
4	晶圓切割方法	吳志宏,鄭傑,張凱勝,朱冠宇	奈米科技在新能源之應用發展	2007-05-14	美國	11/798,503			核准	已接通知
5	薄膜燃料電池用鉑合金電化學觸媒之製備方法	簡俊清,鄭俊才	奈米科技在新能源之應用發展	2006-06-02	中華民國	發明第 I312699 號	2009-08-01~2026-06-01	2009-09-07	核准	
6	二氧化鈦漿料之製法及該漿料之應用	鍾人傑,呂永方,魏聰揚,曾衍彰	奈米科技在新能源之應用發展	2006-11-20	中華民國	095142802 (I308554)	2009-04-11~2026-11-19	2009-04-11	核准	
7	集光元件	吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2007-07-19	中華民國	發明第 I312053 號	2009-07-11~2027-07-18	2009-08-06	核准	
8	具甲醇阻抑性及高選擇係數之質子交換膜製造方法	張慧良,曹正熙,張亨榮,謝國龍,鄭必信	奈米科技在新能源之應用發展	2007-02-12	歐盟	1964874	2007-2-12~2027-02-12	2009-09-09	核准	
9	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	李茂傳,高維欣,林泰男,張揚狀,王俊修	奈米科技在新能源之應用發展	2007-10-18	歐盟	EP07018745.5		2009-10-20	核准	已接通知

計畫成果效益

PE-002

	獲得專利 9 件									
1	氮化鈦薄膜結構	吳志宏,呂咨賢,劉庚昇,高治舟	奈米科技在新能源之應用發展	2009-05-07	中華民國	098115080				
2	氮化鈦薄膜結構	吳志宏,呂咨賢,劉庚昇,高治舟	奈米科技在新能源之應用發展	2009-05-01	日本	2009-111719				
3	氮化鈦薄膜結構	吳志宏,呂咨賢,劉庚昇,高治舟	奈米科技在新能源之應用發展	2009-07-0	美國	12/500,993				
4	含銀金屬毆姆接觸電極	吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2008-05-07	中華民國	098115083				
5	含銀金屬毆姆接觸電極	吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2008-05-01	日本	2009-111720				
6	含銀金屬毆姆接觸電極	吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2009-06-12	美國	12/483926				
7	太陽能電池結構	吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2009-06-25	中華民國	098121385				
8	太陽能電池結構	吳志宏	奈米科技在新能源之應用發展	2009-07-28	美國	12/510,688				
9	光電化學產氫反應器之光觸媒電極及其製作方法	劉玉章,鍾人傑,魏聰揚,呂永方,曾育貞,鄭俊才	奈米科技在新能源之應用發展	2009-09-24	中華民國	098132226				
10	具有階梯式加熱破壞槽之廢水處理裝置及方法	鍾人傑,吳明興,劉玉章	奈米科技在新能源之應用發展	2009-09-25	中華民國	098132439				
11	具有階梯式加熱破壞槽之廢水處理裝置及方法	鍾人傑,吳明興,劉玉章	奈米科技在新能源之應用發展	2009-10-22	美國	12/604,151				
12	電漿噴塗高功率固態	黃振興,蔡俊煌	奈米科技在新能源之	2009-07-03	中華民國	098122508				

	氧化物燃料電池及其方法		應用發展							
13	固態氧化物燃料電池及其製作方法	黃振興,蔡俊煌	奈米科技在新能源之應用發展	2009-06-12	美國	12/483,765				
14	多氣式混合器與電漿火炬的混合氣供氣裝置	黃振興,蔡俊煌,孫念祖,余任豐	奈米科技在新能源之應用發展	2009-06-26	中華民國	098121533				
15	燃料電池量測裝置	蔡俊煌,黃振興	奈米科技在新能源之應用發展	2009-04-03	美國	12/418,287				
16	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	王俊修,李茂傳,林泰男,張揚狀,高維欣	奈米科技在新能源之應用發展	2009-08-12	中華民國	098127051				
17	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	王俊修,李茂傳,林泰男,張揚狀,高維欣	奈米科技在新能源之應用發展	2009-10-30	美國	12/628,216				
18	多氣式混合器與電漿火炬的混合氣供氣裝置	黃振興,蔡俊煌,孫念祖,余任豐	奈米科技在新能源之應用發展	2009-10-30	美國	098121533				
19	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	王俊修,李茂傳,林泰男,張揚狀,高維欣	奈米科技在新能源之應用發展		歐盟					
20	A Novel Measurement Process and Equipments for Determination of the Optimum Contact Pressure Among Stack Units of a High Performance Solid	李茂傳,高維欣,林泰男,王俊修,張揚狀,李瑞益,吳思翰,程永能	奈米科技在新能源之應用發展	中華民國						

	Oxide Fuel Cell Stack (SOFC-Stack)									
21	A Novel Measurement Process and Equipments for Determination of the Optimum Contact Pressure Among Stack Units of a High Performance Solid Oxide Fuel Cell Stack (SOFC-Stack)	李茂傳,高維欣,林泰男,王俊修,張揚狀,李瑞益,吳思翰,程永能	奈米科技在新能源之應用發展	美國						
22	A Novel Measurement Process and Equipments for Determination of the Optimum Contact Pressure Among Stack Units of a High Performance Solid Oxide Fuel Cell Stack (SOFC-Stack)	李茂傳,高維欣,林泰男,王俊修,張揚狀,李瑞益,吳思翰,程永能	奈米科技在新能源之應用發展	歐盟						
23	儲氫結構形成方法	曹正熙,余明昇,曾怡仁,曾宦雄,鍾翠芸	奈米科技在新能源之應用發展	中華民國						
24	儲氫結構形成方法	曹正熙,余明昇,曾怡仁,曾宦雄,鍾翠芸	奈米科技在新能源之應用發展	日本						
25	儲氫結構形成方法	曹正熙,余明昇,曾怡仁,曾宦雄,鍾翠芸	奈米科技在新能源之應用發展	美國						
26	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	曹正熙,余明昇,曾怡仁,曾宦雄,莊浩宇,陳建宏,鍾翠芸	奈米科技在新能源之應用發	中華民國、						
27	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	曹正熙,余明昇,曾怡仁,曾宦雄,莊浩宇,陳建宏,	奈米科技在新能源之應用發	日本						

		鍾翠芸								
28	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	曹正熙,余明昇,曾怡仁,曾宦雄,莊浩宇,陳建宏,鍾翠芸	奈米科技在新能源之應用發	美國						
	專利申請中 28 件									

表五、研討會/說明會清單

No.	名稱	舉辦日期(起~迄)	主辦/協辦單位	主辦地點	講員姓名	題目	參與人數	備註
1	2009 Taiwan SOFC 研討會	2009/7/27~ 2009/7/28	核能能究所	核能能究所 國際會議廳	李茂傳、黃振興等講員 15 人	SOFC 之優勢及商業化挑戰等 15 議題	150	與本所燃料電池發電系統計畫合辦
2	2009 Taiwan SOFC International Symposium	2009/8/11 2009/8/13	核能能究所	核能能究所 國際會議廳	Dr. Robert Chien-Hsiung Lee Olivier Bucheli 等講員 22 人	An Overview of Recent SOFC Development Results at Forschungszentrum Juelich 等 22 議題	120	與本所燃料電池發電系統計畫合辦
	研討會小計 2 場次							
1								
2								
3								
	說明會小計 場次							

表六、技術移轉清單

產出 年度	計畫名稱	技術移轉項目	移轉 年度	廠商名稱	繳庫金額(單位：元)			現況說明
					先期技術授權金	技術移轉授權金	合計	
95	III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用	聚光型 InGaP/GaAs/Ge 多接面太陽電池製程與特性量測	95	穩懋半導體股份有限公司		300,000	300,000	98 年度技轉權利金已入帳
96	III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用	聚光型 InGaP/GaAs/Ge 多接面太陽電池製程與特性量測	96	全訊股份有限公 司		300,000	300,000	98 年度技轉權利金已入帳
97	III-V 族奈米薄膜在太陽電池之應用	聚光型 InGaP/GaAs/Ge 多接面太陽電池製程與特性量測	97			168,000	168,000	98 年度技轉權利金已入帳

表七、促進民間投資清單(含技術移轉、產學合作等)

產出 年度	計畫名稱	技術移轉、關鍵技術、 產品、產學合作名稱	移轉 年度	廠商名稱	年度金額(元)	總金額(元)	現況說明	備註

附錄二、98 年度期末審查意見回覆

核能研究所 98 年度科技計畫(期末)成果效益報告審查委員意見及回復表

計畫名稱：奈米科技在新能源之應用發展	
審查單位：核能研究所	
審 查 委 員 意 見	回 復 說 明
1. 於本年度目標及執行達成情形一節 (p.6), 應提供年度預期目標之量化數據, 以利達成度差異性之比較。	此年度目標係根據 98 年度作業計畫內容而訂, 將請各分項加強其量化指標。
2. p.6 第二分項第 4 小項之達成數據 2.5% 應為 3.5% 。	已修正於 p.6 。
3. p.7 第四分項第 2 小項之達成數據顯低於預期目標, 應檢討差異分析。	(1)SOFC-MEA-W69C之 $P_{\max} = 339.14 \text{ mW/cm}^2$ (800°C)只代表本計畫生產之特定一件產品, 其用於Durability test, 顯示Degradation rate ~ 0% (前 500hrs.) 達成目標值< 2%/1Khrs.。此差異分析已補充於P.7 中。 (2)INER SOFC-MEA- CFL-01 之電性測試可達 $P_{\max}=410.6 \text{ mW/cm}^2$, 已合乎目標值 $P_{\max}$ 達 400~600 mW/cm^2 , 請參閱p.81, 圖 4-5。
4. p.12 第四分項最大power density 500 mW/cm^2 , 與p.8 MSC之達成值不一致; p.13 第五分項中之錯字請修訂。	已修正為最大Power Density達 500 mW/cm^2 以上。p.13 已修正吸蜻為吸氫。
5. p.16 第四分項之power density 12 W/cm^2 請修正; 另 6.之成果宜以實際量化數值呈現 (p.18 亦同)。	已修正為power density 1.2 W/cm^2 , 另 6.及p.18 之敘述已刪除。
6. 學術成就與技術創新之報告內容中各分項之呈現方式應一致, 說明太簡略者應補充。	相關內容, 已加強於報告之 P.31~32、P.37~39、P.43。
7. 社會影響一節中有關增加就業人力之說明亦建議各分項之呈現方式應一致, 無說明者應補充。	相關內容, 已加強於 P.46~47。

8.後續工作重點應說明 99 年成立之分支題目，及退場之研發課題。	本計畫原屬奈米國家型科技計畫，因配合能源國家型計畫之成立，於 99 年度移至能源國家型計畫繼續執行，其 98 年執行成果亦列為能源國家型計畫之成果，後續各分項工作，化合物半導體太陽電池技術之發展及奈米結構量子點太陽電池技術發展移至太陽光發電系統計畫項下執行；奈米科技在燃料電池之應用技術發展及儲氫材料與技術之發展與應用移至高溫氫能發電系統與儲氫材料技術發展項下執行。另太陽光產氫技術之發展與應用計畫於 98 年結案不再執行。
9.附錄一中應補充有關卷數/期數/頁次、及 SSCI、SCI 等資訊。	相關內容，已補足於 P.55~56。
10.P.1, 全程計畫已改為一年，研究總目標係規劃於”六”年內完成...，請修正為一年內完成之工作目標，以符合現況。	本計畫原屬奈米國家型科技計畫，98 年度開始執行，全程計畫 6 年。因配合能源國家型計畫之成立，於 99 年度經重新組合後移至能源國家型計畫繼續執行，其 98 年執行成果亦列為能源國家型計畫之成果。
11.P.17, 章節 2. (3) 內 1 及 2 之符号字型請再考量是否適合。	已修正於 P.17。
12.P.25, 表二之效益說明所用之年代為(2008)，98 年度成果應為 2009，請核對是否為 2009 年之成果，並修訂之。	已修正於 P.25。
13.P.51, 第八行,”可搭配 SOFC 電池直接轉換成電能之相關動力輸出,”建議刪除，因為 SOFC 的特色為多元化使用燃料不需要用氫，太陽光產氫與 SOFC 搭配是無必要。	謝謝委員建議，已刪除。
14.P. 69, 佐證圖表之圖表號碼，與研究成果達成情形之內容，沒有對應，請修訂之。	已加註於 P.3 全程目標及執行成果項下。

核能研究所 98 年度科技計畫期末查證書面審查意見答復表

計畫名稱：奈米科技在新能源之應用發展	
審查單位：原能會	
審 查 委 員 意 見	答 復 說 明
壹、執行之內容與原計畫目標符合程度	
1. 期末報告中全程目標及執行成果與本年度目標及執行達成情形，皆列有詳細內容及技術指標，但與原計畫書工作摘要及查核點內容並不吻合，建議重作修正。 2. 化合物半導體太陽電池未提及p-type含銀金屬歐姆接觸電極，且該電池在 100 個太陽輸出功率密度大於 $4\text{W}/\text{cm}^2$，報告所列為 700 個太陽功率密度大於 $4.5\text{W}/\text{cm}^2$，其他各項目亦有多處不符。 3. 本計畫係 98~103 年之六年總計畫中之單年計畫，其執行情形符合總計畫之起程目標。 4. 符合原訂計畫目標。 5. 本計畫共有五項目標，大致符合原訂目標，在奈米結構量子點太陽電池技術發展之	1. 謝謝委員建議，已將查核點及執行情形列於期末報告 P.13 中。 2. 開發低電阻之電極製作技術與電池製程開發分別為年度預期目標之工作項目，在前一工作項中，業已完成 n-type 含銀(Ag)歐姆接觸電極之製程與聚光型太陽電池厚金屬電極製程整合；在後一工作項中，所完成之聚光型太陽電池在幾何聚光倍率達 $700\times$ 以上時，輸出功率密度大於 $4.5\text{W}/\text{cm}^2$。因此，委員所提 100 個太陽係指太陽電池在短路電流比大於 100(100 個太陽)的條件；而 700 個太陽則為幾何聚光倍率達 $700\times$ 以上。爾後本子項計畫將特別注意用詞，以避免產生混淆。 3. 謝謝委員支持與鼓勵。 4. 謝謝委員支持與鼓勵。 5. 目前每爐次 10g 的試樣，其吸氫能力可達 11 wt%，最大吸氫速率約為 $2.3\text{ }\mu\text{g}/\text{min}$，而依同樣程序所製備每爐次

專利申請延後。儲氫材料與技術之發展與應用之每爐次產量目前低於預期目標 20g。 6. 第一項子計畫III-V族太陽電池轉換效率目標 45%，僅達 37.1%。第二項子計畫量子點太陽電池轉換效率目標 10%，僅達 3.5%。第三項子計畫光水解產氫光電化學程序轉換效率目標 9%，似未達成。第四項子計畫 SOFC-MEA 目標 0.6 W/cm²(700°C, 15x15cm²) 與衰減率<0.2%/1,000hrs，仍未達成。第五項子計畫儲氫材料號稱已達 11.4wt%(室溫)，這是世界紀錄，宜小心驗證。	20g 的試樣，其吸氫重量亦隨著時間增加而增加，惟最大吸氫速率已降為 0.1~0.2 μg/min，原因探討中。 6.委員所提為本計畫之 6 年期之總目標值，本計畫 98 年度的目標為： (一)化合物半導體太陽電池技術之發展與應用 (1)建立多接面太陽電池之 MOCVD 磊晶設備與技術。 (2)開發低遮蔽率、低串聯電阻之電極圖樣及電極製作技術。 (3)聚光倍率達 700×以上之製程技術建立。 (二)奈米結構量子點太陽電池技術發展 開發太陽光吸收材料，無機量子點高分子混摻溶液材料及其研製技術。 (三)太陽光產氫技術之發展與應用 (1)開發奈米級半導體氧化物光觸媒光電極材料及其研製技術。 (2).實驗室型光觸媒太陽光產氫反應器之評估與設計。 (四)奈米科技在燃料電池之應用技術發展 (1)ASC-Type(第二代)SOFC-MEA 及相關陽極、電解質、陰極材料之生產與研製，供製作SOFC-MEA單元電池使用，其MEA大小為 10×10 cm²~15×15 cm²，功率密度 400~600 mW/cm² (800°C)。其耐久性達 500 小時，衰減率<2%/1,000 小時。 (2).MSC-Type (第三代)SOFC-MEA 相關材料之研製程序開發，以Ni+Fe/Ni 金屬支撐基板為主，配合相關之電極與電解質(GDC 及LSGM)，研製中低溫(600~800°C) SOFC-MEA。其MEA大小為 10×10 cm²，最大功率密度達 150~250 mW/cm² (600°C)，500~600
--	--

	mW/cm² (800°C)。 (3)研製以CH₄為燃料之 SOFC-MEA，具抗劣化與抗S/C 雜質之能力，其中陽極以Cu等新催化材料取代以Ni為主之傳統材料。 (五)儲氫材料與技術之發展與應用 (1)精進奈米材料，吸氫重量密度達 5.5~6 wt%，而吸氫容積密度可達 35~45 kg H₂/m³。 (2)設計開發用於 100~150 W PEM 燃料電池之儲氫匣系統。
貳、已獲得之主要成就與成果滿意度 1. 所列 KPI 與成果分析，國內外期刊論文共 13 篇，研討會論文雖列 16 篇，但其中 7 篇為 97 年度會議，實際為 9 篇，專利獲得 9 件均非本年度申請者，而本年度申請國內 11 案，國外 17 案，共計 28 案，綜合而言較原訂 KPI 值為高。 2. 本年度在成果方面除量的成長外，在質的要求亦已提高，值得稱許。 3. 執行成果大致符合預期目標 (部分項目未列本年度之預期量化目標) 4. 本年度完成之國外期刊篇數、研討會論文篇數、研究報告及專利申請數皆超過原訂目標。	1.謝謝委員支持與鼓勵。 2.謝謝委員支持與鼓勵。 3.敬悉。 4.謝謝委員支持與鼓勵。

參、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (一) 學術成就之評述 量化成果評述： 1.國內期刊論文發表 5 篇，國外期刊論文發表 8 篇，另列有已投稿 SCI 期刊審查中論文 10 篇，但未列出清單，由於本計畫屬前瞻性計畫，因而成就評估中，學術成就極為重要，而本計畫在學術成就量化成果甚佳。 2.本計畫之研究成果發表於國內外論文 12 篇，含國際著名 SCI 及 EI 期刊 8 篇及國內期刊 4 篇，另審查中之 SCI 期刊 10 篇，為數不少。 3.本計畫相關研究成果發表國內外會議論文 20 篇，國際著名期刊(SCI)及(EI)共 8 篇及國內期刊 4 篇。另已投稿 SCI 期刊審查中 10 篇，成果非常豐碩。 4.完成國內期刊 4 篇，國外 SCI 及 EI 論文 8 篇，會議論文 20 篇，且撰寫金屬有機框架之奈米結構與室溫儲氫能力及其未來前景特稿。辦理兩次學術活動，成效佳。 5.發表國際期刊 8 篇，學術研究成果佳。 質化成果評述： 1.發表論文均為 SCI 及 EI 期刊，且在國外研討會亦有 3 篇論文發表，在質的方面成效良好。 2.其所完成之學術論文，在國外部份其 Impact factor 佳，另外	1.謝謝委員支持與肯定。 2.謝謝委員支持與鼓勵。 3.謝謝委員支持與鼓勵。 4.謝謝委員支持與鼓勵。 5.謝謝委員支持與肯定。 1. 謝謝委員支持與肯定。 2. 謝謝委員支持與肯定。
--	--

擬投稿之論文其 Impact factor 亦高。 3.學術性文章中，質尚可，但以計畫總經費而言，論文量明顯不足。	3.本年度經費主要投資於購置 MOCVD 及相關無塵室設備(~6000 萬)。
二、技術創新成就之評述 量化成果評述：	
1. 專利獲得 9 件，由時程及名稱來看，本計畫雖為年度計畫，但實為其他計畫之延伸。 2. 本年度共提出專利申請 28 案，其中國內 11 件，國外 17 件，部分應為上年度其他計畫延申所獲致，但成果仍屬良好。	1.敬悉。 2.謝謝委員支持與肯定。
3. 專利申請 28 件，超過預定 24 件之目標(唯其中 10 件為申請中尚無案號)。另專利獲得 9 件，比例不低。 4. 本計畫獲得中華民國專利 4 件，美國專利 3 件，歐盟專利 2 件；已提出 28 件專利申請中；本計畫有技術報告 7 件，技術活動國內有 9 場次，國外有 5 場次，績效良好，非常值得肯定。 5. 在五項主題上，已獲 9 件專利，另外有 28 件完成申請，和 24 項預定申請，表現良好。 6. 共獲得 9 件專利及申請 28 件專利。 7. p.12，太陽光產氫技術計畫中，奈米鈦管產氫效能達到 $18036\mu\text{mol/gh}$，請轉成 power/cm^2，方便與物理性太陽能電池做比較。	3.謝謝委員支持與鼓勵。 4.謝謝委員支持與鼓勵。 5.謝謝委員支持與鼓勵。 6.敬悉。 7 回覆委員，本產氫實驗產氫效率之計算方式，為參照文獻將每克光觸媒置於溶液中，照光後產生之氫氣，直接以氣相層析儀(GC)分析，並計算單位時間所產生之氫氣量。與一般太陽電池之光電轉換效率計算方法有差異。

質化成果評述： 1. 專利申請件數雖多，但部份因同時向多國申請，實際為 14 案，至於質化成果應視未來是否有技術授權而定。 2. 在五項主題上，獲中華民國專利 4 件，美國專利 3 件和歐盟專利 2 件，在品質上優。	1. 謝謝委員意見，技術授權為本計畫的主要目標。 2. 謝謝委員支持與肯定。
三、經濟效益之評述 量化成果評述： 1. 年度因經濟效益之成果為技術移轉 1 件 3 家，技術服務 1 件 1 家，唯技術移轉發生年度分別為 95，96，97 年。 2. 技術合作之國內廠商已有 2 家生產電池片，達商業化程度。 3. 技轉 3 家廠商，技轉權利金收入 76.8 萬元，技術服務 1 家，技服收入 280 萬元。 4. 可降低太陽電池元件之製作成本，量子點高分子太陽能電池可與人類生活環境相符合。奈米粉體產氫可與 SOFC 或其它燃料電池合併應用，五種子題皆有經濟效益。 質化成果評述： 1. 本計畫屬前瞻性研發，短時間較不易看出經濟效益。 2. 五項子題成果具實用性及應用性。 3. 少量技術轉移經費 76.8 萬元，對於一個多年期計畫而言，其貢獻仍不足。	1. 敬悉。 2. 謝謝委員支持與肯定。 3. 敬悉。 4. 謝謝委員支持。 1. 敬悉。 2. 謝謝委員支持與鼓勵。 3. 謝謝委員意見，本計畫當繼續努力。

四、社會影響之評述 量化成果評述： 1.進用博士生與碩士生參與研究，有益於培植高等人力。 2.降低能源使用量，降低CO₂排放，且進用專支技術員，博士替代役人員，碩士替代役，培養博士班研究生及碩士班學生。 質化成果評述： 1. 本計畫在開發新的能源應用技術，若在太陽電池、SOFC及儲氫能有所突破，對節能減碳將有大幅度之影響。 2. 對台灣之能源利用效率有提昇效益。 3. III-V 族電池仍在驗證階段，後續影響與產業發展前途不明確。	1.謝謝委員的肯定。 2.敬悉。 1.謝謝委員的肯定。 2.謝謝委員鼓勵。 3.砷化鎵系 III-V 族材料作為太陽電池應用，於太空已逾二十年，地面應用也已被證實工作效率超過 40%。利用 III-V 族材料作為地表用太陽電池之應用門檻，除晶片效率外，亦在於聚光系統之成熟度，目前已有功能性規範 IEC62108 與安全性規範 UL8703 之建立，顯示產業界已普遍認為高聚光太陽光發電系統不僅為一可行之發電技術，亦為一具有產品實力之市場技術。日本 Sharp 頻頻於各大 PV 會議中，展示 HCPV 之技術與市場，國際普遍認為 HCPV 於 2020 年前將有 6GW 以上之需求，並且建置成本於 2012-2015 年間，將低於矽晶太陽光發電系統。以本所 MW 示範電廠為例，市場需求 1MW 下，每度之發電成本約為新台幣 9 元，同時期之矽晶發電成本於市場需求大於 3GW 時，約為每度 3.4 元。若 HCPV 系統置放於太陽光品質較好的區域，並且建置成本達到如國際預估的與矽晶
--	--

	同價，於此條件下之 HCPV 發電成本將低於新台幣 2.25 元，而矽晶技術由於半導體材料成本佔系統成本比例較高，因此一般認為未來建置成本降低幅度有限。由技術與成本面考量，雖然現下市場尚未明確，然無論國內光電工業協進會或是國外產業研究報告如 Markets & Markets 所提，HCPV 於 2013 年市場需求將達 1GW，2015 年將達 2GW，成長幅度明顯。
五、其它效益之評述 量化成果評述： 1.本計畫在執行過程中與國內學術界合作，培養奈米技術人才，共培育碩士人才 14 位，博士生人才 5 位。 2.分別與多所國內公私立大學合作研究，互動良好。 3.提供台灣相關教學及研究服務，培養再生能源相關人才。	1.謝謝委員鼓勵。 2.謝謝委員支持與肯定。 3.謝謝委員支持與肯定。
質化成果評述： 1.本計畫能與國內大專院校合作，且在科技管理上有效管控計畫進度。 2.建立自組電漿噴塗系統，有更高電功率輸出及更小衰減率。	1.謝謝委員支持與肯定。 2.謝謝委員支持與肯定。
肆、與相關計畫之配合程度 1. 本計畫與新能源計畫有關聯，但兩者間之配合仍可再加強。 2. 聚光型太陽電池元件之製程技術與新能源計畫配合發展，互有關聯。	1.遵照委員意見辦理。 2.謝謝委員意見，目前化合物半導體太陽電池技術之發展與應用計畫所研發的聚光型太陽電池元件相關製程技術，已實際應用於本所新能源相關之計畫工作，並且與其緊密配合發展。

3. 其成果可與新能源計劃相配合，可建立國內 SOFC 產業。 4. 各計畫間相互支援度有，但不高。	3. 謝謝委員意見。 4. 謝謝委員意見，朝正面方向努力。
伍、計畫經費及人力運用的適善性 1. 經費執行率 99.49%，人力投入 14 人年，均與原計畫規劃一致。 2. 除分項「化合物半導體太陽電池技術發展與應用」原訂 7.4 人年，實際為 9.05 人年外，其餘皆與原來規劃幾乎一致。 3. 雖人力運用上略有變動，但其重點一致，可以接受。 4. 計畫經費及人力運用合理。	1. 敬悉。 2. 敬悉。 3. 敬悉。 4. 謝謝委員支持與肯定。
陸、後續工作構想及重點之妥適度 1. 本計畫後續工作已轉為能源國家計畫，唯建議技術指標訂定應參考國外現況及預期，提出具挑戰性之指標。 2. 本計畫執行一年後，轉移至能源國家型計畫執行，應可順利銜接。 3. 執行時間合適。 4. 第一項子計畫 III-V 族太陽電池轉換效率目標 45%，目前僅達 37.1%。目前全球最高效率經證實的約在 41% 左右，此目標是否合適應再檢討。第五項子計畫儲氫材料號稱已達 11.4 wt%(室溫)，這是世界紀錄，宜小心驗證，切勿出差錯。	1. 遵照委員見辦理。 2. 謝謝委員支持與肯定。 3. 謝謝委員支持與肯定。 4. 本計畫最終目標為轉換效率達 45%(103 年)，99 年國際標準為 41%，未來應有繼續進步的空間。本計畫目前正與美國 MIT 及 NIST 合作，以中子散射技術驗證吸氫容量與吸氫位置，亦與美國賓州大學教授，洽談合作進行 HPTGA 系統量測驗證事宜。此外亦以儲氫匣放置約 6~7g 的 Pt/AC 試樣，利用氫氣釋放量測系統驗證，目前量測氫氣釋放量之結果，推測最佳總吸氫量約為 4.5 wt%，和以 HPTGA 量測 130 mg 少量

	試樣之結果(11.4 wt%)尚有差距，有待持續改進填充方法並驗證。本所量測架橋 IRMOF-8 試樣的吸氫量為 4.7 wt%，和密西根大學 Ralph T. Yang 所量測之 4 wt%相近，量測結果亦為其認可及引用，已發表在 JACS 期刊上。
綜合意見 - 計畫執行工作項目甚多，且皆為前瞻技術，挑戰性必高，但在成果說明方面仍應與原計畫一致，再去檢討差異。 - 就儲氫材料性能比較，不宜單以重量百分率作比較，應考量儲氫速率、釋氫速率、釋氫率及成本等性能之綜合性能。 - 本計畫副研究員以上之研究人員共 15 人年中，全力投入者(12 人月)僅 2 人，似宜增加專任人數，以利計畫之進行。 「化合物半導體太陽電池技術發展與應用」分項在總經費 102,345 千元中佔 70,824 千元，比率甚高，然使用人力在總人力 49.12 人年中僅佔 9.05 人年，似不平衡，宜加說明。 - 本計畫達成原訂目標，績效優良，值得予以鼓勵。 - 本計畫五項子題，大致皆依原訂目標進行。在學術成就上優，但在技術轉移及技術服務上可再加強，以確保台灣能源安全和降低環境衛生衝擊。 - 此計畫為大雜燴之計畫，包括五子項之計畫，第二項子計畫量子點太陽電池效率轉換效率目標 10%，僅達 3.5%，離目標尚遠。	- 謝謝委員意見，當檢討與改善。 - 謝謝委員意見，後續工作當注重儲氫速率，釋氫速率，釋氫率及成本等綜合性能。 - 遵照委員意見辦理。 「化合物半導體太陽電池技術發展與應用」子項計畫，本年度因建置 MOCVD 磊晶系統(經費 45,000 千元)與無塵室(經費 16,000 千元)，所以佔總經費的比率甚高。 - 謝謝委員大力支持與肯定。 - 遵照辦理。 - 量子點太陽電池轉換效率 10%為計畫之最終目標；目前國際上使用 PCBM/P3HT系統轉換效率最高約為 5%；TiO₂/P3HT系統大約在 0.9%；本計畫之結果已接近國際水準。而現

8. 第五項子計畫儲氫材料號稱已達 11.4wt%(室溫)，這是世界紀錄，宜小心驗證。密西根大學化工系教授楊院士對核研所儲氫材料之研究成果號稱的儲氫值很有意見。 9. 建議第四項子計畫 SOFC-MEA，直接做 15×15cm²之燃料電池。 10. 計畫內經費多集中於 III-V 族太陽電池，但主要人力分散於各計畫(副研究員級以上人力)。人力也是很重要的研究成本，分散在其他較小型計畫內，是否合宜請思考。	今轉換效率超過 5%之高分子太陽電池，需使用新型之低能隙導電高分子為材料，且使用更昂貴之 C70 衍生物；目前實驗室級之最高效率約為 7%，本計畫為達此目標，將積極研發新型之材料，調整元件製程，以提高轉換效率。 8. 本計畫目前正與美國 MIT 及 NIST 合作，以中子散射技術驗證吸氫容量與吸氫位置，亦與美國賓州大學教授，洽談合作進行 HPTGA 系統量測驗證事宜。此外亦以儲氫匣放置約 6~7g 的 Pt/AC 試樣，利用氫氣釋放量測系統驗證，目前量測氫氣釋放量之結果，推測最佳總吸氫量約為 4.5 wt%，和以 HPTGA 量測 130 mg 少量試樣之結果(11.4 wt%)尚有差距，有待持續改進填充方法並驗證。本所量測架橋 IRMOF-8 試樣的吸氫量為 4.7 wt%，和密西根大學 Ralph T. Yang 所量測之 4 wt%相近，量測結果亦為其認可及引用，已發表在 JACS 期刊上。 9. 謝謝委員建議，後續將積極爭取經費以建置 15×15cm²之設備。 10. 「化合物半導體太陽電池技術發展與應用」子項計畫本年度因建置 MOCVD 磊晶系統(經費 45,000 千元)與無塵室(經費 16,000 千元)，所以有計畫內容經費集中於 III-V 族太陽電池的現象；人力的合宜分配為達成計畫目標的重要手段，也是重要的研究成本，本計畫將視需要進行適當的調整。
---	--

附錄三、佐證圖表

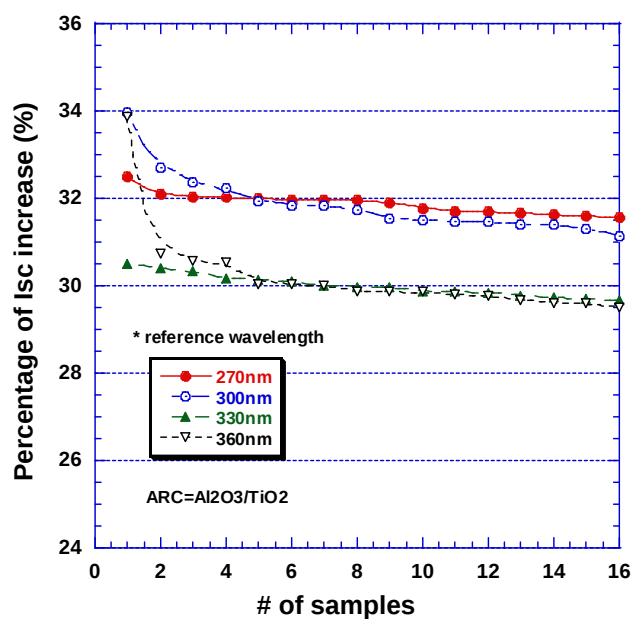


圖 1-1 不同參考波長條件下，雙層結構抗反射膜Al₂O₃/TiO₂應用於三接面太陽電池之後，三接面太陽電池的One-sun短路電流Isc增加比例之分佈圖

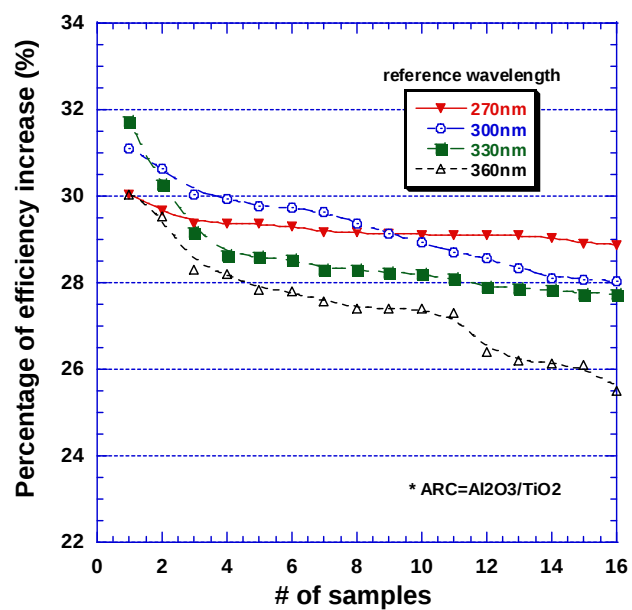


圖 1-2 不同參考波長條件下，雙層結構抗反射膜Al₂O₃/TiO₂應用於三接面

太陽電池之後，三接面太陽電池的One-sun效率增加比例之分佈圖

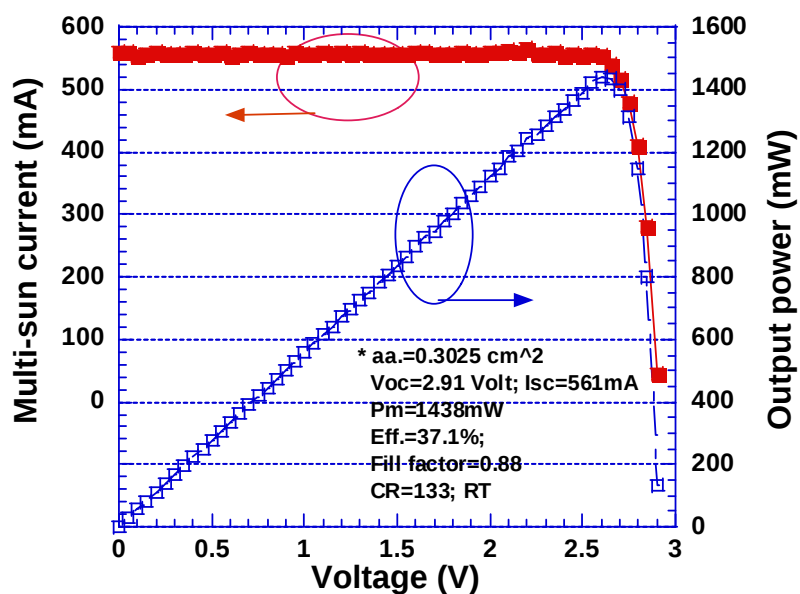


圖 1-3 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池在 133 個太陽照光條件下，最佳電流-電壓(I-V)與輸出功率-電壓(P-V)的特性圖

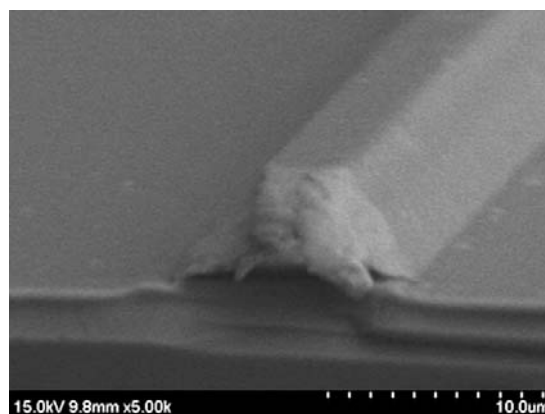
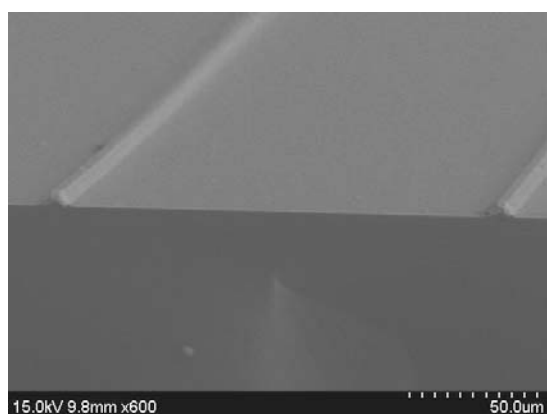


圖 1-4 整合含銀(Ag)歐姆接觸電極以及厚金屬銀(Ag)的製程技術，應用於 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池的製作，完成的三接面太陽電池之正面電極 SEM 照片

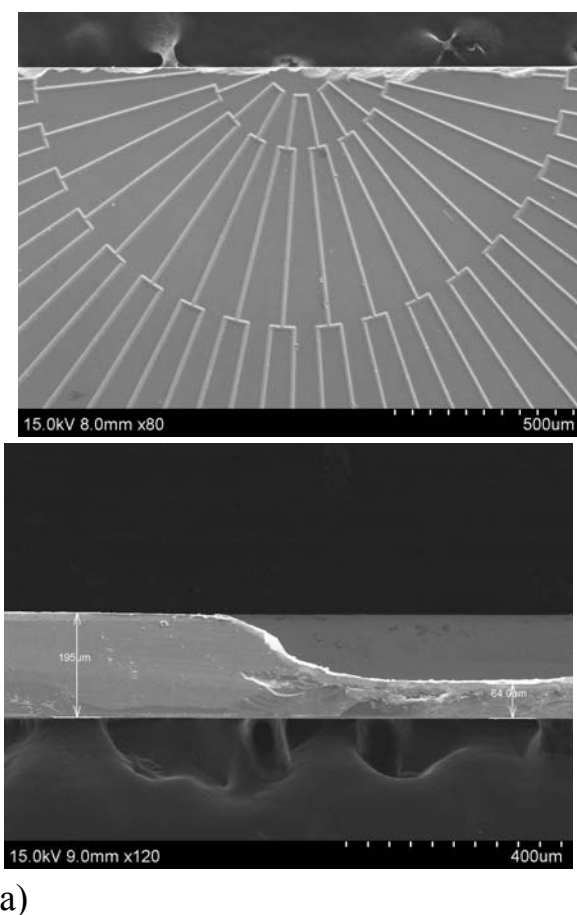


圖 1-5 利用半導體濕式蝕刻技術，開發完成 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池鍺基板薄化製程，(a)為太陽電池正面電極圖案；(b)為經過薄化製程後的三接面太陽電池剖面 SEM 照片

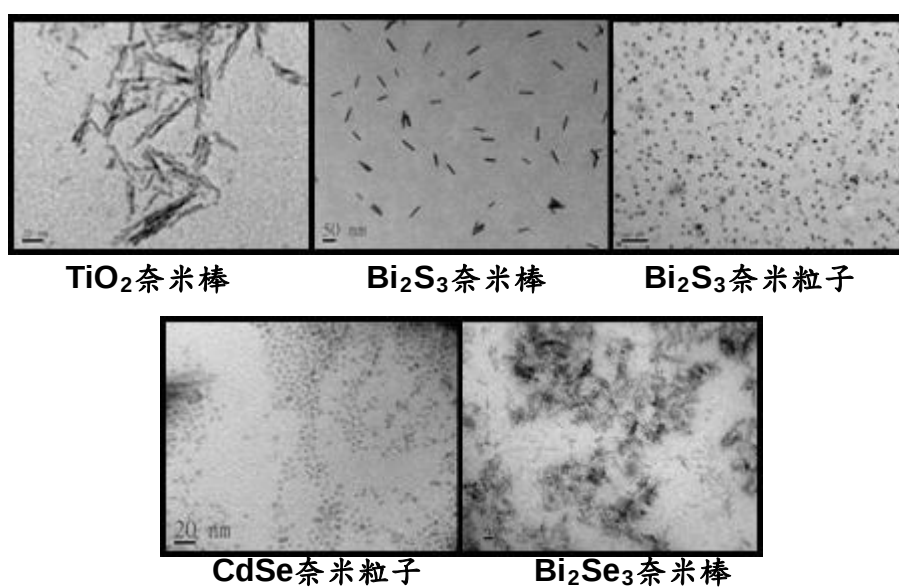


圖 2-1 建立無機量子點CdSe、Bi₂S₃、Bi₂Se₃、TiO₂量子點材料溶液相合成能力

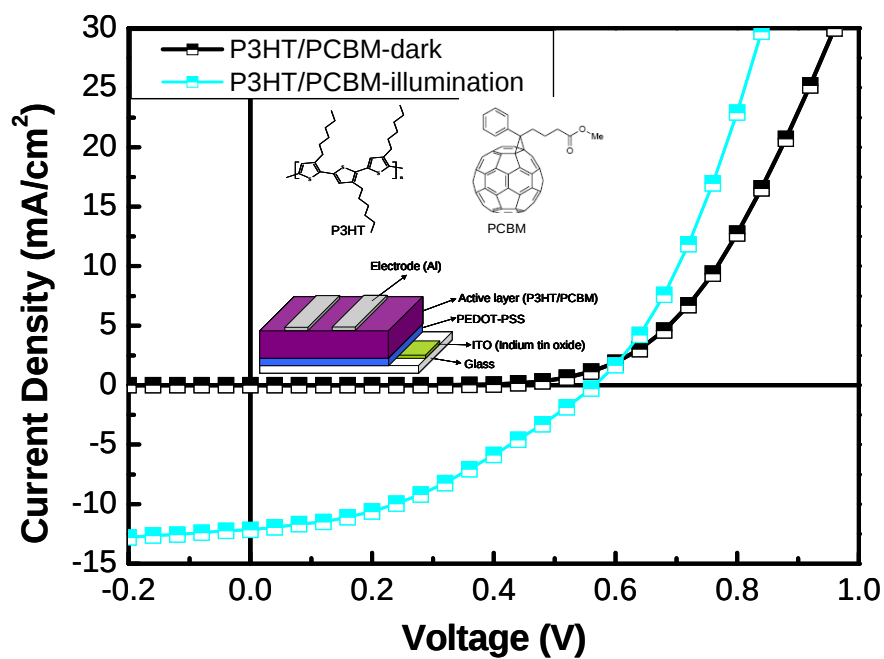


圖 2-2 $\text{TiO}_2/\text{P3HT}$ 混摻系統其轉換效率已達 1.05 %

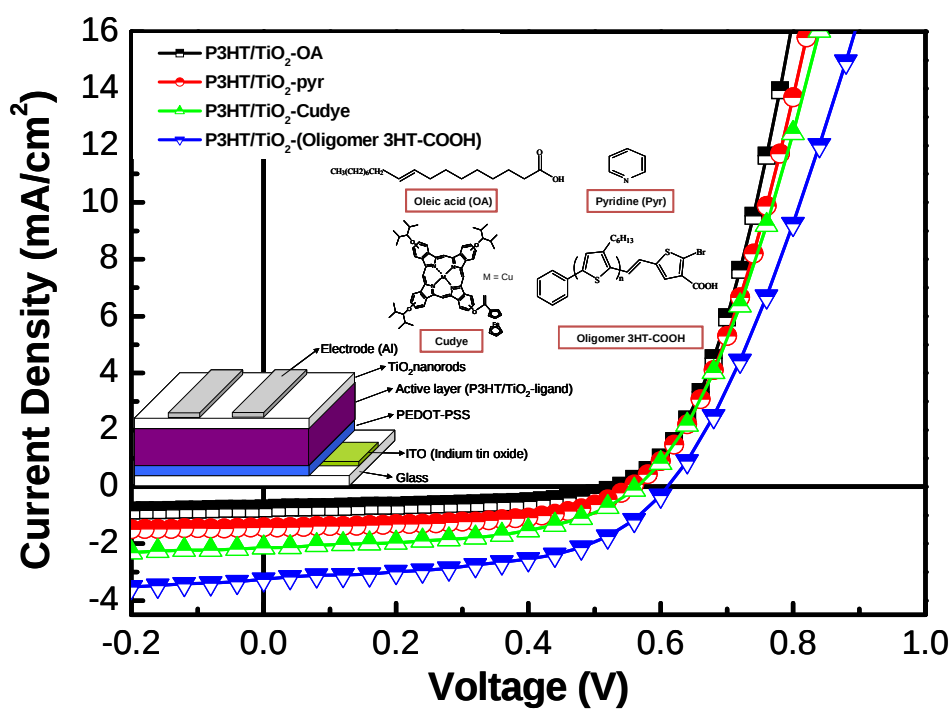


圖 2-3 PCBM/P3HT 混摻系統其效率已達 3.5 %

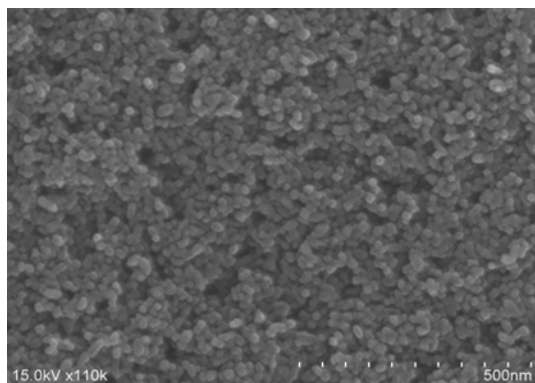


圖 3-1 以二氧化鈦粉體製備奈米鈦管，可合成高比表面積，直徑約為10~15 nm 之奈米鈦管

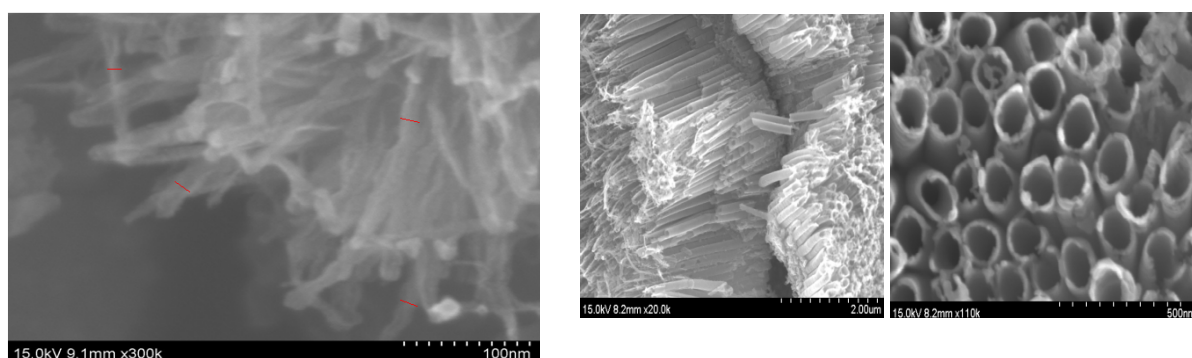


圖 3-2 以陽極氧化法製備奈米鈦管陣列，可製備出約 100 nm pore-diameter，長4~5 μ m，產氫效率3mL/h(4 cm² area)



圖 3-3 氫氧分離產氫反應系統-產氫系統之有效氫氣及氧氣分離、收集系統，以離子交換膜及雙面電極所組成之氫氧分離產氫反應器實驗室級原型設計

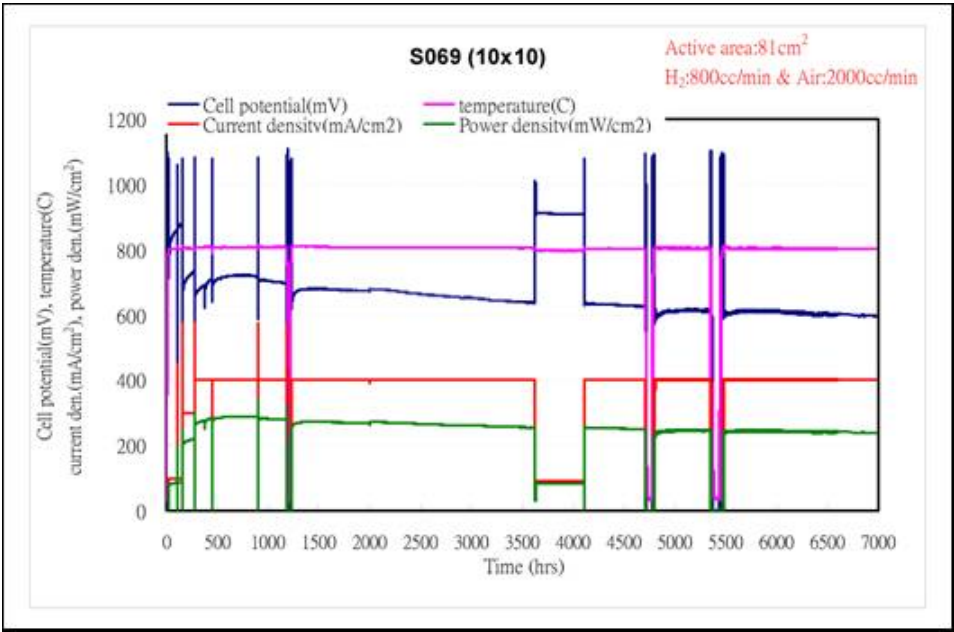


圖 4-1 SOFC-MEA 耐久性測試結果

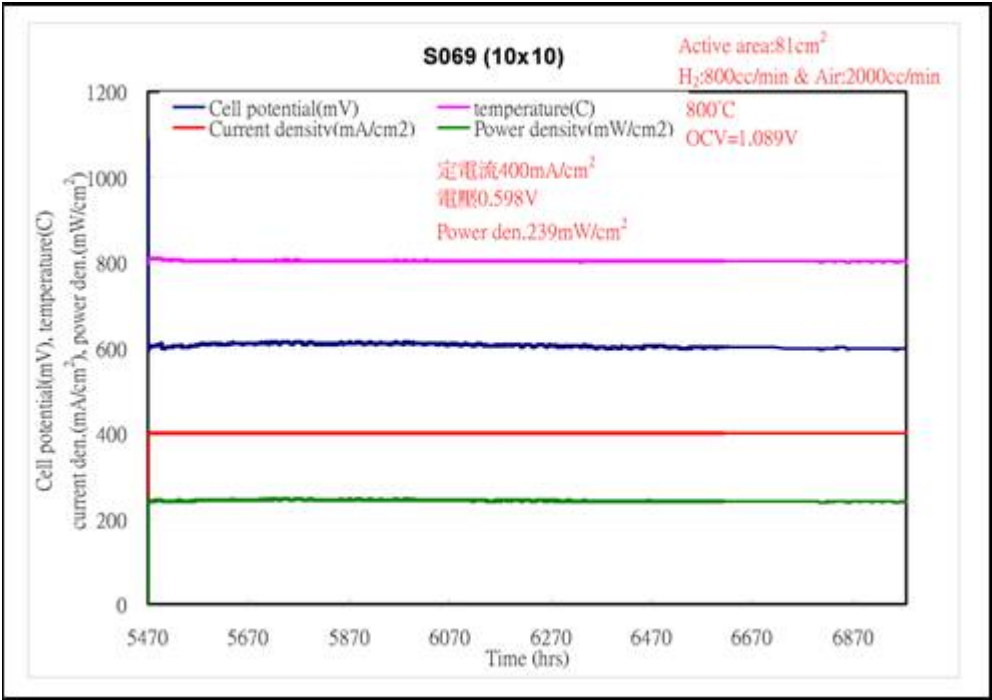


圖 4-2 SOFC-MEA 耐久性測試結果



圖 4-3 耐久性測試前後之 MEA 外觀相片

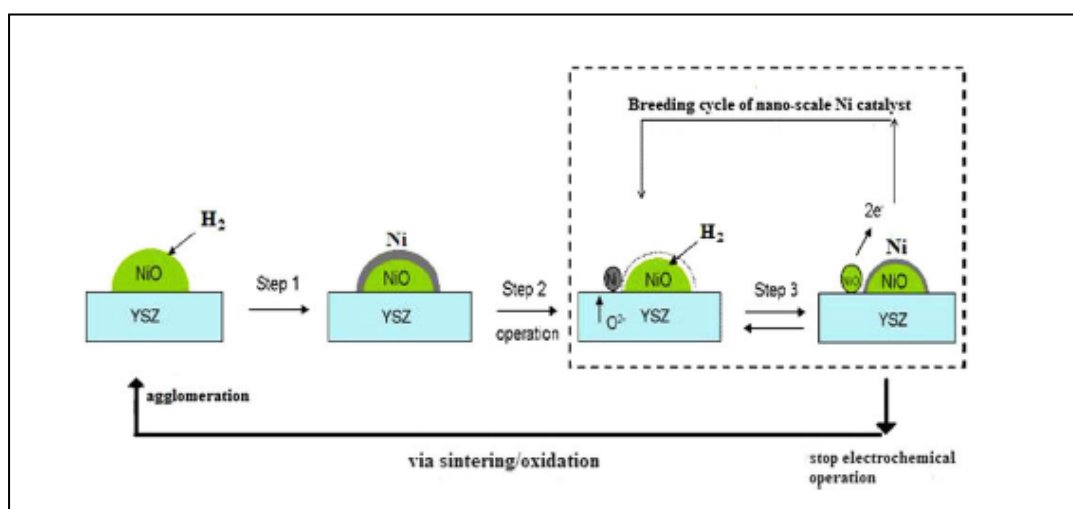


圖 4-4 電化學反應滋生陽極奈米鎳循環

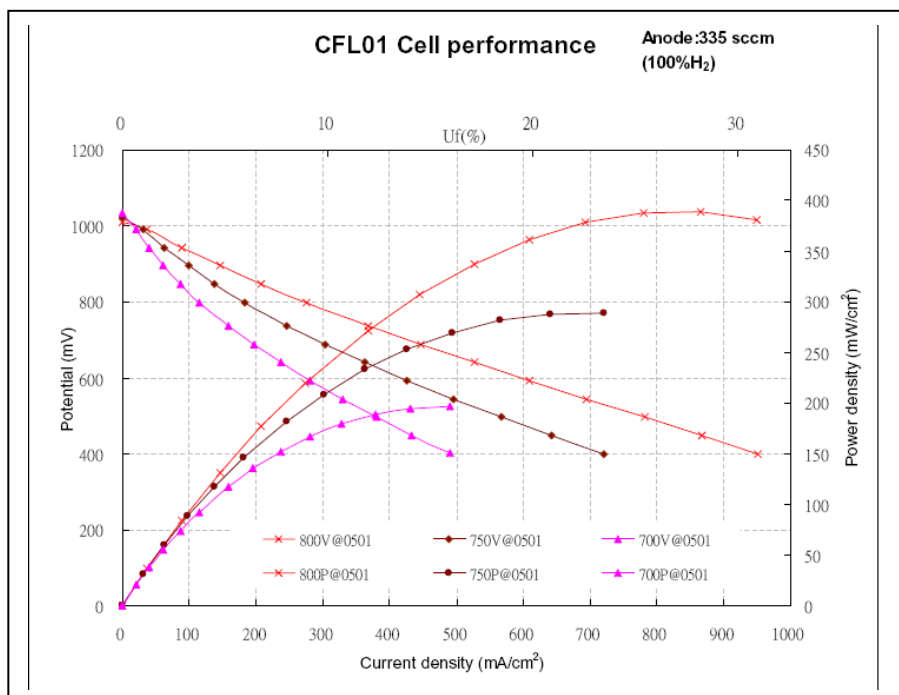


圖 4-5 INER-SOFC-MEA (ASC Type)之電性測試

改質前(鎳基板)	改質後(鎳鐵基板)
強度(室溫), 34.5MPa (平均) (0.1~0.14 Darcy)	強度(室溫), 156~203MPa (3→1.5 Darcy)
強度(750°C), 25.4MPa	強度(750°C), 55.5MPa
10x10cm ² 電池片最大 輸出功率(800°C) ≤20W	10x10cm ² 電池片最大 輸出功率(800°C) 44W

圖 4-6 多孔 SOFC 金屬基板改質前後之比較

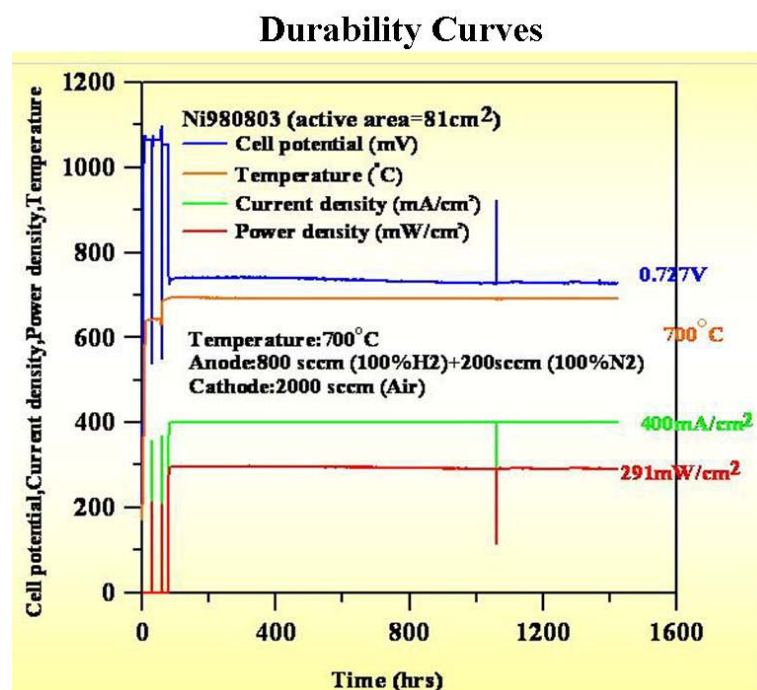


圖 4-7 SOFC-MEA (MSC type) 耐久性測試

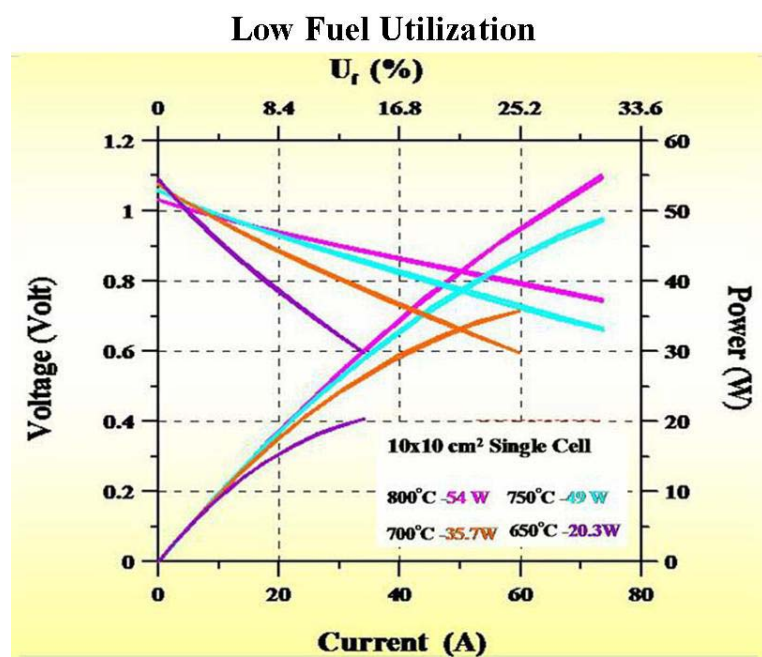


圖 4-8 SOFC-MEA (MSC type) 電性測試

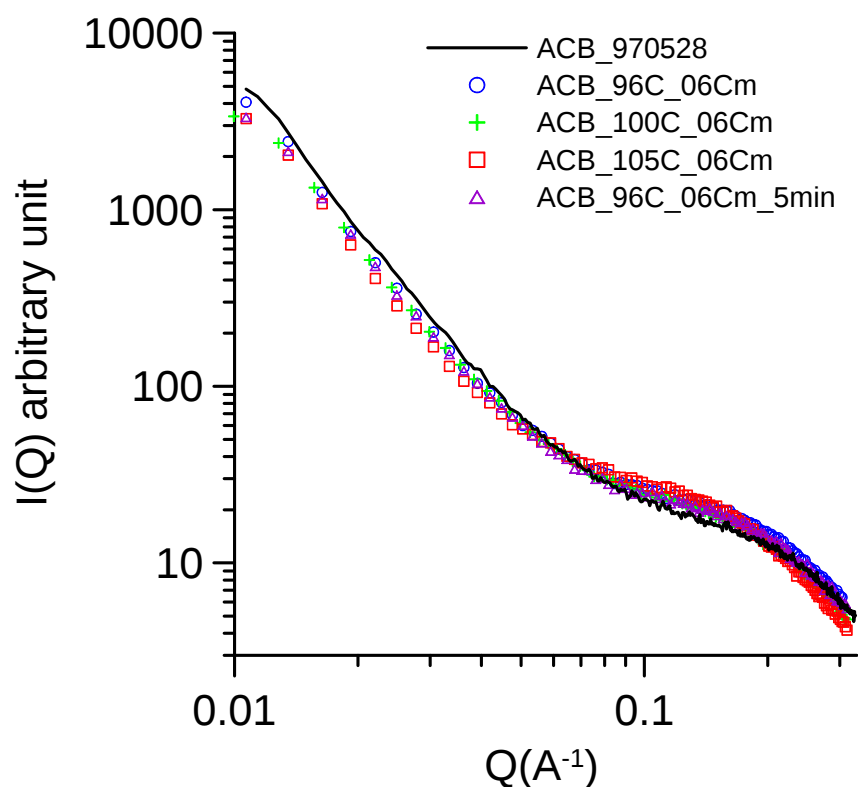


圖 5-1 以 SAXS 測試分析不同酸洗條件之孔洞結構，並和原最佳吸氫能力之孔洞結構比較，以獲得最佳酸洗條件之過程`

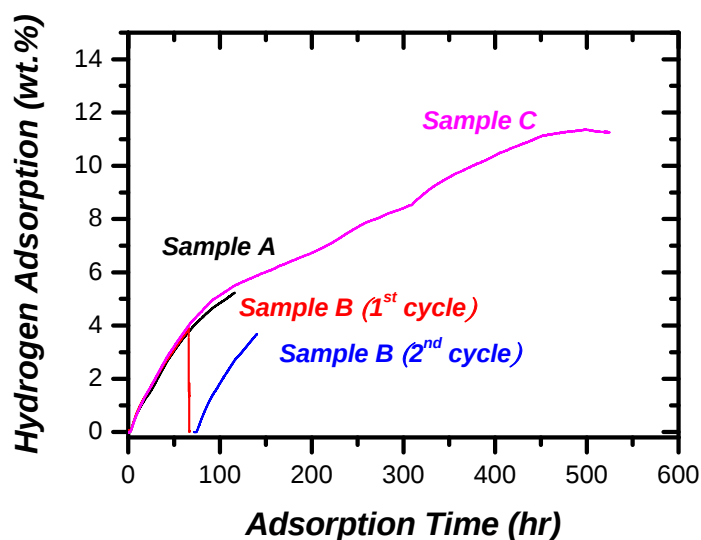


圖 5-2 同一爐次的 3 個試樣，顯示其儲氫能力具有再現性，惟到達飽和吸氫值 11.2 wt% 約需要 550 小時，試樣 A 及 B 只作較短時間；同時試樣 B 亦顯示氫氣釋放後，再次吸氫也有相同之吸氫行為

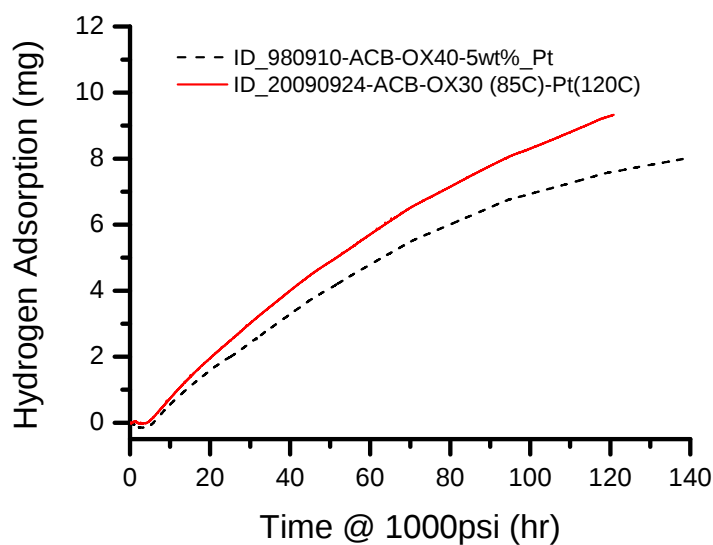


圖 5-3 利用建立之標準製作試樣方法，以加熱包取代加熱板，控制一定的加溫速度及時間，所製作每爐次 10g 的 Pt/AC 試樣，無論是吸氫速度或吸氫能力，都較原先製作的試樣為高

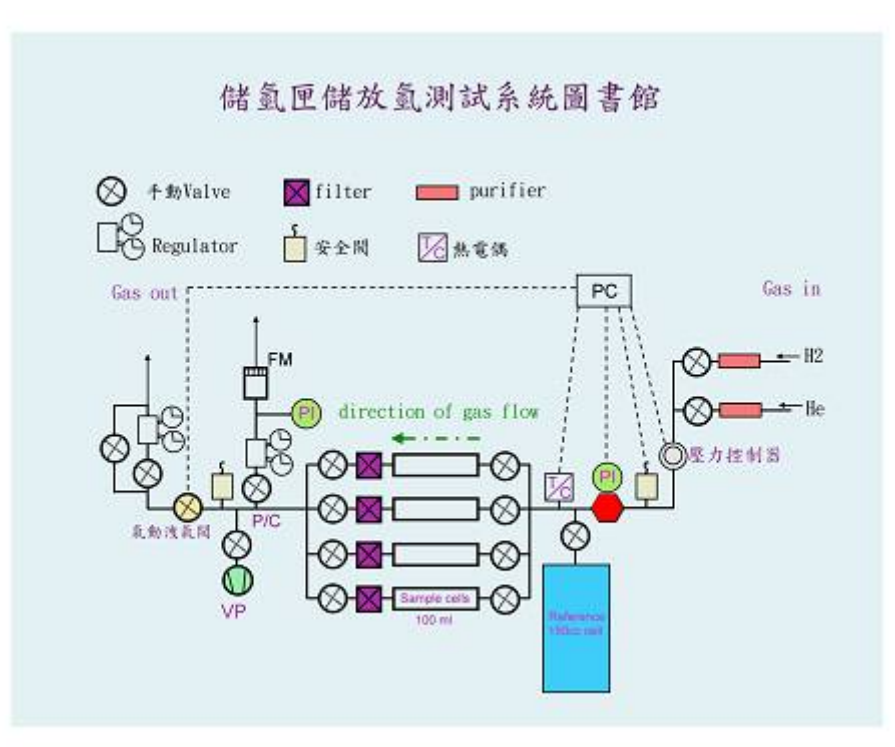


圖 5-4 儲氫匣儲放氫測試系統之示意圖，可銜接裝填 6g 左右試樣之儲氫匣，進行裝填方法、除氣模式、活化方法及儲氫方式的測試，再利用流出的氫氣量，比較並取捨最佳之組合



圖 5-5 將 12 個成串之不銹鋼網單元載具，裝填試樣後放入儲氫匣內，並和 120W 滑板車之 PEM 燃料電池連接，在載重 50 公斤下可運行約 14 分鐘

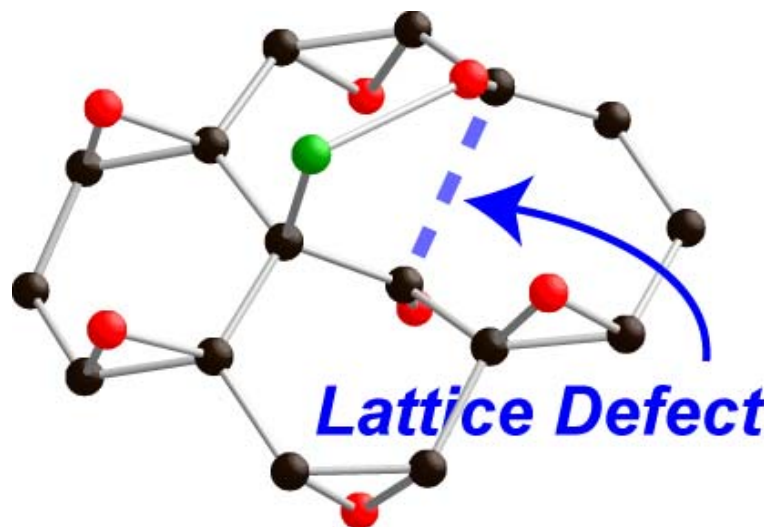


圖 5-6 以第一原理計算顯示，傳統之氫氣溢出機制很難解釋氫氣吸附之機制，而是鉑金屬顆和氧及活性碳缺陷造成氫氣之吸附