

政府科技計畫成果效益報告

計畫名稱：太陽光電技術發展與應用

替代能源 主軸中心/連結小組

太陽能 主題分項

性質：

☒ 研究型

☐ 非研究型(人才培育、國際合作、法規訂定、產業輔導及推動)

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：核能研究所

壹、基本資料

執行單位：核能研究所

2-1 聚光型太陽電池模組技術精進

- 完成聚光型太陽電池模組生命週期之碳足跡排放量評估。
- 領先國際建立低碳足跡聚光型太陽電池模組製程技術，達到碳足跡減量 25% 之目標。
- 完成聚光型太陽電池模組碳足跡認證，符合 ISO/DIS 14067 標準。
- 協助國內產業建立太陽電池模組碳足跡評估技術。

2-2 高分子太陽電池模組技術開發

- 建立適合大面積、模組化及可撓性基材之太陽電池製程技術，能量轉換效率達 6%，電池面積為 300 cm^2 ，壽命 12,000 小時。
- 完成高分子太陽電池模組生命週期之碳足跡排放量評估。
- 建立低碳足跡高分子太陽電池模組製程技術，達到碳足跡減量 20% 之目標。

3. 太陽能應用系統整合技術開發

3-1 太陽光照明系統技術開發

- 完成太陽光源模擬分析平台建置、屋頂/掛壁型太陽光追蹤器原型設計開發。
- 完成引光及分光技術開發。
- 完成太陽光與主動光源混光技術開發。
- 完成太陽光照明系統技術開發，距離室內系統發光光源 2m 位置之照度達 500 Lux。

3-2 水面浮動太陽能發電系統技術開發

- 水上太陽能系統資料蒐集及優化評估，並完成小型之水上太陽能發電模組設計。
- 完成低成本浮水式機構及低成本太陽光追蹤器之設計與開發。
- 建立水上太陽能發電模組、電力系統整合與監控等技術。
- 以每單元發電功率 150W 或其它適當的矽晶太陽電池模組，完成水面浮動太陽能發電單元機之設計及安裝，並利用多單元之串並聯設計與結構，建立一座水面浮動太陽能發電系統於現有之碑塘或水庫上，作為長期驗證實驗用。

3-3 太陽能預測技術開發

開發一套太陽能預測技術，利於具有太陽能發電系統之電力調度站，進行適度營運管理、維護，及早進行調度規劃。計畫目標及工作分述於後：

- 蒐集及分析核研所全台太陽能及環境資料收集站的資料。
- 分析環境條件與地理位置等要素對太陽能發電的影響。
- 研究臭氧及空氣氣懸膠體(aerosol)含量對太陽能發電的影響，與天空雲量對太陽能入射地面輻射量之影響。
- 太陽能輻射量之比對測試 (如:日照輻射計等)技術建立。
- 太陽能預測機制策略之探討，如:時空尺度(temporal & spatial)、標的物(如:

核研所及高雄路竹)等。

- 研究國際太陽能預測模式，預測模式之特性，以發展本計畫之太陽能預測模式及分析技術。
- 建置太陽能發電評估分析平台，利用此分析平台驗證太陽能預測模式。
- 將太陽能預測模式建置於核研所既有之全台太陽能及環境資料收集站，觀測其成效與做為後續模式精進之修正參考依據。

(二) 103年度計畫目標

1. 先進太陽電池技術開發

1-1 III-V 族多接面太陽電池技術開發

- (1) 高品質 III-V 薄膜 on Si 磊晶參數建立。
- (2) GaAs on Si 之差排密度低於 $1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ ，GaAs 薄膜 XRD 半高寬低於 125 arcsec。

1-2 銅鋅錫硫(硒)薄膜型太陽電池技術開發

- (1) 前驅物製程參數建立與最佳化。
- (2) 硫化及硒化製程技術開發與製程參數優化。
- (3) 開發新型銅鋅錫硫(硒)薄膜太陽電池製作技術，能量轉換效率達 8%。

2. 低碳足跡模組技術開發

2-1 聚光型太陽電池模組技術精進

- (1) 評估及計算現行聚光型太陽電池模組之碳足跡，包含各零組件、材料或製程等。
- (2) 針對高碳足跡部分進行材料減量、置換或新式設計，達到碳足跡減量 7% 之目標。

2-2 高分子太陽電池模組技術開發

- (1) 大面積模組製程開發，能量轉換效率 > 4%。
- (2) 進行高分子太陽電池模組之碳足跡計算與盤查。

3. 太陽能應用系統整合技術開發

3-1 太陽光照明系統技術開發

- (1) 太陽光源模擬分析平台建置。
- (2) 屋頂型及掛壁型太陽光追蹤器設計開發。

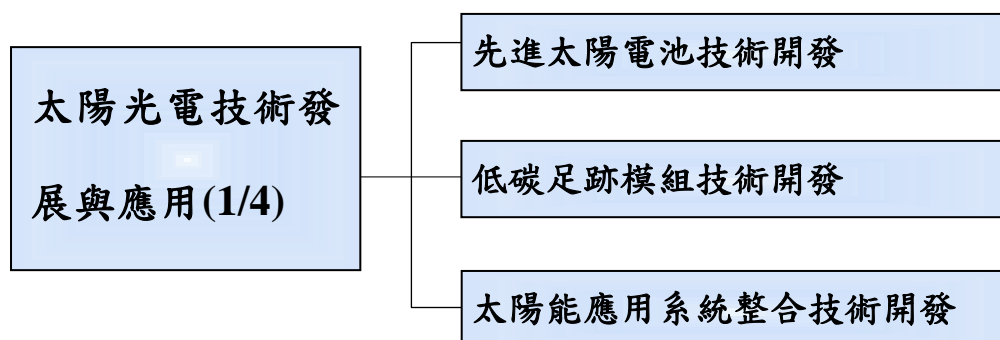
3-2 水面浮動太陽能發電系統技術開發

- (1) 水面浮動太陽能發電系統資料蒐集及優化評估。
- (2) 完成水面浮動太陽能發電系統設計。

3-3 太陽能預測技術開發

- (1) 分析環境條件與地理位置等要素對太陽能發電的影響。
- (2) 研究國際太陽能預測模式及分析技術。

二、計畫架構(含樹狀圖)



三、計畫主要內容

103 年度本計畫各分項工作內容如下：

1. 先進太陽電池技術開發

1-1 III-V 族多接面太陽電池技術開發

(1) 可應力控制型緩衝層技術

- 低溫 GaAs 膜層最佳化成長
- 熱退火最佳化調整
- 升降過程之最佳次數調整

(2) 圖案化基板技術

- 圖案化基板之製作與測試
- 在 GaAs on 圖案化 Si 基板之磊晶

1-2 銅鋅錫硫(硒)薄膜型太陽電池技術開發

- (1) 以真空之電子槍蒸鍍製程製作 CZTS 前驅物，配合硫化/硒化製程，調控 CZTS 吸收層元素比例，提升 CZTS 吸收層品質。
- (2) 優化硒化/硫化製程參數：硒化/硫化製程將影響薄膜的緻密度、結晶度及金屬與硫的比例，是影響元件效率之關鍵步驟，因此硒化/硫化製程是重要之關鍵技術。
- (3) 以 XRD、SEM、EDS、PL/IRPL、Raman 等分析機台，研究 CZTS 吸收層、緩衝層及透明電極之特性。
- (4) 開發太陽電池元件電極之製作技術。
- (5) 整合薄膜製備技術與元件製程技術，製備 CZTS 薄膜太陽電池。

2. 低碳足跡模組技術開發

2-1 聚光型太陽電池模組技術精進

- (1) 建立聚光型太陽電池模組產品生命週期流程圖，從原物料開採到廢棄物處理，包含所有物質、能源與廢棄物流向。
- (2) 評估及計算現有聚光型太陽電池模組之碳足跡，包含各零組件、材料或製程等之碳足跡。

- (3) 針對高碳足跡部分進行材料減量、置換或新式設計，達到碳足跡減量 7% 之目標。

2-2 高分子太陽電池模組技術開發

- (1) 大面積模組量產製程技術開發，轉換效率達 4% 以上。
 - 大面積噴塗技術開發
 - 建立卷對卷高分子太陽電池相關塗佈周邊設備
 - 卷對卷相關塗佈技術開發
 - 慎選或研製抗氧化的各層結構材料
 - 全溶液塗佈各層材料之選擇與評估
 - 反式結構高分子太陽電池參數最佳化
 - 高分子太陽電池疊加結構開發
- (2) 進行高分子太陽電池模組碳足跡之計算及盤查，蒐集各材料及製程之碳足跡。

3. 太陽能應用系統整合技術開發

3-1 太陽光照明系統技術開發

- (1) 蒐集國際太陽光照明系統資料，並參加國際照明及相關研討會吸收最新國際發展及未來趨勢資訊。
- (2) 蒐集各種引光元件資料、各式引光元件之引光特性量測，及從成本、引光率及功能應用等因素評估應用在各領域之引光系統所適合之引光元件。
- (3) 建立引光分光模擬分析平台，作為太陽光照明系統技術開發模擬分析及測試之用。使用結構分析軟體設計地面型、屋頂型及掛壁型引光器，可大幅減少嘗試錯誤的設計時間。製造太陽光引光原型，測試其性能。光學模擬設計軟體，研發高效能引光光學元件，作為導入太陽光的入口元件，接著是分光光學元件將太陽光分光，使其可見光作為照明之用。

3-2 水面浮動太陽能發電系統技術開發

- (1) 水上太陽能系統資料蒐集及優化評估。
- (2) 低材料成本與簡單浮水式機構之設計與開發。
- (3) 防水與防蝕機構材料之選擇與設計。
- (4) 設計一能搭載各式太陽電池模組，且符合台灣地區環境需求之新型水上太陽能系統，並提出專利申請。

3-3 太陽能預測技術開發

- (1) 蒐集及分析核研所全台太陽能及環境資料收集站的資料。
- (2) 分析環境條件與地理位置等要素對太陽能發電的影響。
- (3) 研究國際太陽能預測模式與分析技術。

參、計畫已獲得之主要成果與重大突破就計畫預期目標及 KPI 來作重點說明(含質化與量化成果 outputs)

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

二、量化成果

量化績效指標表

績效屬性	績效指標	預期產出 量化值	實際產出量化值	效益說明	重大突破
(科技基礎研究) 學術成就	A. 論文	15 篇論文 (含 SCI 期刊、國際知名期刊或重要學術研討會發表)	SCI 期刊論文：發表 7 篇。 國際研討會論文：發表 11 篇。 國內研討會論文：發表 10 篇。	藉由論文發表於國內外期刊或會議，提高核研所在相關太陽電池技術研發之能見度，並促進學術交流。	1 篇國際研討會論文在 100 篇以上之英文壁報論文競賽中獲得論文優等獎 (Best Poster Award)
	B. 合作團隊養成	與國內學校合作建立 7 個研究團隊	與國內學校合作建立 9 個研究團隊 1. 與財團法人國家實驗研究院國家奈米元件實驗室合作建立「影響 CZTS 效率因素之研究」研究團隊。 2. 與國立台灣大學嚴慶齡工業發展基金會合設工業研	精進太陽光發電相關技術。	

績效屬性	績效指標	預期產出 量化值	實際產出 量化值	效益說明	重大突破
(科技整合創新)			究中心合作建立「高效率串疊型高分子太陽能電池及新型金屬電極之研究」研究團隊。 3. 與交通大學合作建立「高分子太陽能電池之低能隙全波段吸收高分子合成之研究」研究團隊。 4. 與交通大學合作建立「高效率太陽能電池用低能隙共軛高分子及碳六十衍生物之合成」研究團隊。 5. 與海洋大學合作建立「水上發電機組浮動平台與其錨泊系統之技術開發」研究團隊。 6. 與清華大學合作建立「太陽能電池模組材料碳足跡評估」研究團隊。 7. 與中央大學合作建立「太陽光奈米分光技術研發」研究團隊。 8. 與萬能科技大學合作建立「太陽能預測模式與分析技術研究」研究團隊。 9. 與台東大學合作建立「台灣東部區域聚光太陽能模組耐久性能實測研究」研究團隊。		
	C. 博碩士培育	參與計畫執行之碩博士研究生 8 位	博士研究生 5 人，碩士研究生 4 人。	經由與學校之合作研究，由基礎研究突破技術障礙，培育太陽光發電領域人才，作為研發後盾。	
	D. 研究報告	25 篇	45 篇	1. 呈現研發之成果及後續研發的重點與方向，使研發技術與經驗得以交流與傳承。 2. 研究成果可提供後續參與人員的參考，及技術傳承。	
	G. 專利 (智慧財產)	申請國內或國外之專利 15 件	申請專利 17 件；另專利獲得 24 件。	所開發的核心與衍生等技術，持續規劃相關專利，逐漸形成與建立自主的專利地圖。	已有 4 件專利應用於「微型化太陽能電池接收器封裝技術」授權案中。

績效屬性	績效指標	預期產出 量化值	實際產出量化值	效益說明	重大突破
	H. 技術報告	6 篇	9 篇	記載研發的歷程及標準作業程序，以利技術傳承； 後續的研發可左既有的基	
本段落屬機密性內容，故不公開					

績效 屬性	績效指標	預期產出 量化值	實際產出量化值	效益說明	重大突破
本段落屬機密性內容，故不公開					

本段落屬機密性內容，故不公開

肆、主要成就與成果所產生之價值與影響 (outcomes)

重要成就與重大突破項目	權重(%)
	原計畫設定
一、學術成就(科技基礎研究、人才培育、國際研討會及論文發表)	20
二、技術創新(科技整合創新)	30
三、經濟效益(產業經濟發展、推動輔導、國際合作)	30
四、社會影響(創業育成、增加就業、環境安全永續)	10
五、其它效益(法規制度、科技政策管理及其它)	10
總計	100

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

一、學術成就(科技基礎研究、人才培育、國際研討會及論文發表)

(一) 藉由論文發表於 SCI 期刊、國際研討會及國內研討會，提升核研所在相關太陽電池技術研發之能見度，並促進國內外相關研究學術單位交流。SCI 期刊及會議論文摘述如下：

1. 論著名稱為【Damp-heat Induced Performance Degradation for InGaP/GaAs/Ge Triple Junction Solar Cell】。We performed accelerated tests on sealed and non-sealed InGaP/InGaAs/Ge triple junction (TJ) solar cells in a complex high temperature and high humidity environment, and investigated the electrical properties over time. The degradation of energy conversion efficiency in non-sealed cells was found to be more serious than that in sealed cells. The short-circuit current (I_{SC}), open-circuit voltage (V_{OC}), and fill factor (FF) of sealed cells changed very slightly, though the conversion efficiency decreased 3.6% over 500 h exposure. This decrease of conversion efficiency was suggested to be due to the deterioration of silicone encapsulant. The I_{SC} , V_{OC} , and FF of non-sealed cells decreased with increasing exposure time. By EL and SEM analysis, the root causes of degradation can be attributed to the damage and cracks near the edge of cells induced by the moisture ingress. It resulted in shunt paths that lead to a deterioration of the conversion efficiency of solar cell by increasing the leakage current, as well as decreasing open-circuit voltage and fill factor of non-sealed solar cells.(Journal of Nanomaterials, 2014, 410717-1~6)

本文主要說明以透明矽膠作為聚光型太陽電池接收器封裝材料時，增加電池抗濕熱之能力。同時以無封裝矽膠之太陽電池接收器為參考組，發現未封裝矽膠時，元件邊緣會形成漏電途徑，導致元件失效。

2. 論著名稱為【Self-biased ZnO nanowire humidity sensor vertically integrated on triple junction solar cell】。This study presents a zinc oxide (ZnO) Schottky humidity sensor. This kind of sensor needs a forward voltage bias to detect electrical changes in relative humidity (RH). Authors replace the external voltage bias for the sensor with the bias from GaInP/GaAs/Ge triple junction (TJ) solar cell. In this study, two independent components, solar cell and humidity sensor, are integrated vertically to a self-biased and small-sized device. The open-voltage (V_{oc}) of TJ solar cell under standard solar irradiation (AM 1.5G) is about 2.5 V to bias ZnO humidity sensor. With this self-bias from TJ solar cell, measured current values of the integrated device are 75.9, 123.8, 181.2, and 222.6 μA for 35%, 50%, 70% and 85% RH under the conditions of 25 $^{\circ}C$ and AM 1.5G. Moreover, ZnO nanowire (NW) structure is added on the integrated device

to enhance RH response due to increasing surface-area-to-volume ratio. The measured RH responses of the device with ZnO NW at 25 °C were 141.2, 268.1, 365.7, and 572.5 μ A for 35, 50, 70, and 85% RH, respectively. (SENSOR ACTUAT B-CHEM, Volume 197,137-141, 2014)

本文首度針對整合三接面太陽電池與氧化鋅奈米線構成自我偏壓濕度感測器進行探討，實驗結果證實垂直整合三接面太陽電池的裝置可以形成自我偏壓的作用，無須額外加偏壓使氧化鋅奈米線濕度感測器正常運作。

3. 論著名稱為【Intermediate-band dynamics of quantum dots solar cell in concentrator photovoltaic modules】。We report for the first time a successful fabrication and operation of an InAs/GaAs quantum dot based intermediate band solar cell concentrator photovoltaic (QD-IBSC-CPV) module to the IEC62108 standard with recorded power conversion efficiency of 15.3%. Combining the measured experimental results at Underwriters Laboratory (ULH) licensed testing laboratory with theoretical simulations, we confirmed that the operational characteristics of the QD-IBSC-CPV module are a consequence of the carrier dynamics via the intermediate-band at room temperature.(Scientific Reports, Volume 4: 4792, 1-7,2014)

本篇論文首度展示 InAs/GaAs 量子點聚光型太陽電池模組特性，模組轉換效率為 15.3%，此為國際上第一個量子點聚光型太陽電池模組。

4. 論著名稱為【Amorphous Ge passivation effects on Ge solar cells】。Amorphous Ge (α -Ge) deposited from a high purity Ge source was adopted to study the passivation applications for Ge solar cells. The measured results indicate that post annealing treatment onto the solar cell with α -Ge plays an important role in determining the solar cell performance. For samples with α -Ge and a GaAs contact layer outside the front metal grid region, more than one-order decrease of dark current can be obtained after conducting a post annealing step at 300 °C for 2–10 min. In addition, solar cell performance characteristics are dramatically improved with 1-sun V_{oc} from 0.035 to 0.16 V, J_{sc} from 16.1 mA/cm² to 27 mA/cm², fill factor from 0.17 to 0.40, and efficiency from 0.1% to 1.7% after completing the post annealing process. Furthermore, after removing the GaAs contact layer outside the front metal-grid region, solar cells with α -Ge show 1-sun efficiency 1.19% (6.54% versus 5.35%) and fill factor 0.14 (0.68 versus 0.54) higher than those samples without α -Ge, which correspond to 22.2% and 25% relative increase in the efficiency and the fill factor, respectively.(IEEE Journal of Photovoltaics, Volume 4, No. 3, P.968-971,2014)

本文探討以高純度鍺材料沉積形成非晶鍺薄膜對鍺單接面太陽電池的鈍化作用與太陽電池特性的影響。由實驗結果發現，非晶鍺薄膜形成後的退火程序與太陽電池的特性息息相關；對具有非晶鍺薄膜保護作用的太陽電池，其暗電流可大幅降低一個數量級以上；而且，太陽電池在一個太陽照光下的特性可以獲得有效的改善，其中，具有非晶鍺薄膜的鍺

單接面太陽電池在一個太陽照光下的效率與填充因子分別比未具有非晶鍺薄膜的鍺單接面太陽電池分別具有22.2% 與25%的相對特性改善。若運用本文研發結果於製作多接面太陽電池，預估將可明顯改善太陽電池的保護作用，進而提升太陽電池的能量轉換效率。

5. 論著名稱為【Influence of Metal Grid Spacing on the Conversion Efficiency of Concentration Solar Cell at Different Illumination Levels】。The design of front metal grid spacing of linear grid pattern for III–V multi-junction concentrated solar cells is a critical issue when high density photocurrent is induced under concentrated sunlight and a poor grid spacing results in resistive losses. In the present work we have performed outdoor experiment and investigated both theoretically and experimentally the effect of ten different metal grid spacing on the electrical performance of high efficiency GaInP/GaInAs/Ge concentrated solar cells under various concentrating level of sunlight. The shadowing ratio of metal grids was adjusted from 3.07% to 6.66%. We have observed that the variation of experimentally obtained variation of power conversion efficiency data with grid spacing is consistent with the variation of theoretical estimation of total power loss with grid spacing. Moreover, the total power loss was dominated by grid shadowing effect at lower concentration levels; while at higher concentration levels the lowest total power loss condition was found when a compromise occurred mainly between grid shadowing effect and resistance of metal lines.(Materials Science & Engineering B ,Vol.188,p.43~47,2014)

聚光型太陽電池光電轉換效率不只與磊晶品質有關，亦與元件表面電極設計有關。本論文提出電極設計理論，並與實際製作完成之元件進行比較分析。實驗結果顯示，理論計算值與實際測試值吻合。本篇論文之研究結果，提供聚光型太陽電池於不同聚光比，電極之優化設計依據，可以大幅縮短元件開發時程，並降低製作成本。

6. 論著名稱為【Performance improvement of large-area roll-to-roll slot-die-coated inverted polymer solar cell by tailoring electron transport layer】。For attaining the commercialization, the large-area roll-to-roll (R2R) slot-die-coated inverted polymer solar cells (PSCs) would be promising. The electron transport layer (ETL) plays an important role in scale-up development from small PSCs. In this work, the active layer comprising poly(3-hexylthiophene) (P3HT) and [6,6]-phenyl-C61-butyric acidmethylester (PCBM) and sol-gel zinc oxide (ZnO) ETL were slot-die coated on flexible PET/ITO substrate as reference based on the R2R process. Aluminum-doped ZnO (AZO) instead of ZnO was also adopted. For further improving the performance of large-area PSC, we used poly ethylenimine ethoxylated (PEIE) material to tailor the nanostructure of ZnO and AZOETLs for reducing the surface trapson ETLs using two approaches: (1) ZnO/PEIE bilayer formed by sequential deposition and (2) ZnO:PEIE hybrid composite as ETLs. The present work would demonstrate the optimum material (fabrication) parameters and how the performance of the

R2R large-area slot-die coated PSC can be improved by modifying the ZnO-and AZO-based ETL structures. We also perform the various measurements and structural characterization to understand the relationship among R2R slot-die coating process, charge transport properties, film structure and photovoltaic performance as increasing the device areas from $1 \times 0.3 \text{ cm}^2$ (power conversion efficiency: 2.69%) to $1 \times 1 \text{ cm}^2$. (Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 130, P.191-198, 2014)

為了延長高分子太陽電池的壽命，採用反式結構為一勢在必行的手段；然而，反式結構中的電子傳輸層所使用的材料有一些缺點存在，以氧化鋅為例，其材料型態為奈米粒子，故具有高的面積-體積比，因此，所形成之電子傳輸層具有相當嚴重的電子缺陷問題，在具有高串聯電阻之下，並不利於電子的傳輸。為了改善這個問題，故提供一種具改質電子傳輸層之高分子太陽電池，其所具有的電子傳輸層經改質處理後，可有效地消除電子在傳輸過程中的障礙，使得其電子傳輸層利於電子傳導，進而大幅提升了高分子太陽電池的能量轉換效率，且這個方法兼具簡化製程及降低成本之優點，深具實用價值。另外，本文直接以卷對卷連續製程做為討論的對象，在 高分子太陽電池邁向商業化量產的前提之下，其貢獻度不言可喻。

7. 論著名稱為【Reaction Kinetics and Formation Mechanism of TiO_2 Nanorods in Solution: An Insight into Oriented Attachment】。The reaction kinetics and formation mechanism of oriented attachment for shaped nanoparticles in solution are not well-understood. We present the reaction kinetics and formation mechanism of organic-capped anatase TiO_2 nanorods in solution as a case study for the oriented attachment process using small-angle X-ray scattering (SAXS) and transmission electronic microscopy. The SAXS analysis qualitatively and quantitatively provides in-depth understanding of the mechanism, including the structural evolution, interparticle interaction, and spatial orientation of nanoparticles developed from nanodots to nanorods during the nucleation, isotropic, and anisotropic growth steps. The present study demonstrates the growth details of oriented attachment of nanoparticles in solution. An ordered lamellar structure in the solution is constructed by the balance of interaction forces among surface ligands, functional groups, and solvent molecules serving as a natural template. The template allows the alignment of spherical nanoparticles into ordered chain arrays and facilitates simultaneous transformation from spherical to rod shape via proximity attachment. The proposed model reveals an insight into the oriented attachment mechanism. This multistep formation mechanism of TiO_2 nanorods in solution can provide the fundamental understanding of how to tune the shape of nanoparticles and further control the aggregation of spatial nanorod networks in solution. (J. Phys. Chem. C, 118 (45), pp 26332–26340, 2014)

本論著探討 TiO_2 奈米棒及粒子於溶液製程中之形成控制與機制，現今有機太陽電池結構中 TiO_2 層為常用之電子傳導層，本論著提供製程與效率

提升改進重要參考。

8. 受邀參加 2014 年 1 月 20~21 日 6th International Symposium on Innovative Solar Cells，並發表「台灣核能研究所高聚光太陽能發電技術發展」專題演講。

9. 發表於 2014 年 4 月 7~9 日第 10 屆 International Conference on Concentrating Photovoltaic Systems (CPV-10) 2 篇論文分別為：

- (1) 論著名稱為【Characteristic and Comparison of Different Submounts on Concentrating Photovoltaic Module】。In this study, we analyze the ceramic thermal resistance and propose a direct temperature measurement method of the solar cell. The direct temperature measurement of the cell and the ceramic was achieved by utilizing buried thermocouples with a diameter of 50 μm between the cell/ceramic and aluminum plate.

本篇論文探討太陽能接收器不同陶瓷基板材質對效率之影響，與戶外太陽光照射下不同接面的溫度，可以提供未來太陽能接收器陶瓷基板選用上之參考，以達到轉換效率與成本的平衡。

- (2) 論著名稱為【Study of Phase Change Materials Applied to CPV Receivers】。For improving thermal spreading of solar cell is an important issue. In this study, we focused on finding new materials to enhance the thermal disspreading and keep the temperature of solar cell as low as possible. The new materials are called “phase change materials (PCMs).” We chose two kinds of PCMs to study their thermal disspreading ability and to compare them with traditional Aluminum material. These two kinds of PCMs are paraffin wax and lauric acid. We made three Aluminum-based cuboids as heat sinking units and two of them were designed with hollow space to fill in the PCMs. We applied electric forward bias on solar cells to simulate the heat contributed from the concentrated sunlight. Then we observed the thermal distribution of these three kinds of thermal spreading materials. Two levels of forward biases were chosen to test the samples and analyze the experiment results.

本論文主要針對太陽電池接收器之散熱系統進行研究，嘗試使用新材料來增加接收器的散熱效率，藉由相變化材料的導入，利用其材料於相變化時會吸收大量的熱能，並維持於特定的溫度，以此構想嘗試讓太陽電池接收器固定於較低的溫度下，而獲得較高的轉換效率。經實驗結果顯示，相變化材料本身對太陽電池晶片的溫度影響，與傳統鋁塊比較上，並無明顯差異；但是於背面鋁板接收器上，溫度可以較傳統鋁塊低。

由於目前處於實驗階段，尚未達到最佳化設計，因此對於太陽電池接收器的散熱效率並無顯著的提升，後續會嘗試其他設計，而觀察是否可達到最優化。

10. 發表於 2014 年 6 月 10~14 日國際電子材料年會 (IUMRS-ICEM2014) 5 篇論文分別為：

- (1) 論著名稱為【Hierarchical Bulk Heterojunction Structure of

Solution-processed Small Molecule Organic Solar Cell Studied by Synchrotron Scattering】。Solution-processed small-molecule organic solar cells (SMOSCs) have been considered a promising next-generation photovoltaic technology. SMOSCs are competitive to polymer solar cell due to their own advantages, such as defined molecular structure, high open-circuit voltage and high crystallinity etc. However, the research and fundamental understanding on the bulk heterojunction (BHJ) structure of SMOSCs are limited to date. The quantitative analysis of hierarchical BHJ structure in a 3D bulk sample and mechanistic understanding of controlling the nanoscale phase separation could be critical to design and fabricate the solution-processed high-efficient SMOSCs. Our study presents for the first time the quantitative characterization for the hierarchical structure and spatial distribution of nanophase-separated donor and acceptor in a 3D structure of solution-processed SMOSC using simultaneously synchrotron grazing-incidence small-angle X-ray scattering (GISAXS) and wide-angle scattering (GIWAXS) technique. This study used a linear A-D-A-type π -conjugated donor molecule (TBDTCNR) as donor. The structural characterization of TBDTCNR:PC61BM blend films includes (1) orientation distribution, relative crystallinity and ordered structure of nano-scale edge-on and face-on molecular crystallites, (2) size and spatial distribution of nano-scale PCBM clusters, (3) meso-scale structure aggregated by molecular crystallites and (4) TBDTCNR/PCBM miscible domains or matrix. The relationship among structure, property and processing is established here to provide the fundamental information tailoring the structure toward the high performance of SMOSCs.

此論文在 100 篇以上之英文壁報論文競賽中獲得論文優等獎。本論文提出溶液製程之小分子 OPV 之製程結構與行為機制之關係模式，做為突破點(Breakthrough)。

- (2) 論著名稱為 **【Tailoring a High Performance of Inverted Polymer Solar Cell by Modifying the Electron Transport Layer】**。Inverted polymer solar cells (PSCs) have been attracted a lot of attention due to their stability and long operating lifetime. In general, it has been believed that the lifetime of conventional PSCs was affected by two reasons mainly; one is the contact between poly(3,4-ethylenedioxythiophene): poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS) and indium tin oxide (ITO) transparent electrode, and the other is the use of low work function metals as a top electrode. The ITO electrode would be etched by PEDOT:PSS under ambient atmosphere due to the acidic nature of PEDOT:PSS, and the top metal electrode with low work function is air-sensitive. Inverted PSCs allow the use of metal oxide as electron transport layer (ETL), such as zinc oxide and titanium oxide, to deposit on the ITO electrode instead of PEDOT:PSS. Moreover, high work function metals, such as Au and Ag are used as the top electrode of inverted PSCs. These improvements elongate the lifetime of inverted PSCs effectively. Zinc oxide (ZnO) is the most use as the ETL in the inverted

PSCs; however, the intrinsic surface traps and relative low conductivity of ZnO limits the device performance. In this study, the structure of inverted PSCs was ITO/ETL/PV 2000 (commercial ink)/MoO₃/Ag. We demonstrated the effect of various ETLs, including ZnO, Al-doped ZnO (AZO), ZnO/ethoxylated polyethylenimine (PEIE), AZO/PEIE and hybrid of metal oxide and PEIE, on the performance of inverted PSCs. Furthermore, we used nitrogen and oxygen plasma treatment to modify the metal oxide layer, and the PCE was enhanced to 9.6%. We investigated how the improved interfacial contact and reducing intrinsic surface traps of various ETLs affect the performance of inverted PSCs. This study provides a fundamental knowledge tailoring the improved ETLs toward a high performance inverted PSCs.

本論文研究各種不同電子傳輸層 ZnO, AZO, ZnO/PEIE, AZO/PEIE, 混摻金屬氧化物與 PEIE 對太陽電池效率之影響，探討如何調整電子傳輸層，以增進介面間之接觸與降低表面缺陷，及其與效率之關聯。論文中並使用電漿方式對電子傳輸層進行修飾，最終提升效率達 9.6%。

- (3) 論著名稱為【Controlling the Formation of Organic Photoactive Layer of Roll-to-Roll Processed Polymer Solar Cells】。Polymer solar cells (PSCs) have attracted tremendous attention over the past years and have been deemed to a promising photovoltaic technology due to their benefits such as light weight, low manufacturing cost, and compatibility with flexible and large-area applications. Among the researches of PSCs, inverted PSCs have been studied extensively because of their high stability. The power conversion efficiency (PCE) of the inverted PSCs has reached more than 9%. With the rapid growth of PSCs' performance, the commercialization of PSCs has been emphasized recently. One of the most attractive large-area processes is roll-to-roll (R2R) processing technique because of its high manufacturing rate and low material waste. However, it is still challenging to fabricate the PSCs with a high PCE by R2R process. In this study, high-efficiency inverted PSCs consisted of the blends of poly(3-hexylthiophene) (P3HT) and [6,6]-phenyl C61 butyric acid methyl ester (PCBM) were fabricated by slot-die process. We also investigated the factors determining the performance of inverted PSCs, including the drying temperature, absorption behavior and nanostructure evolution. Our results show an improving performance of inverted PSCs fabricated in a high drying temperature of 110 °C. Moreover, we successfully incorporated halogen-free solvent, o-xylene, with slot-die process, and obtained an equivalent performance as compared with that of devices fabricated by halogenated solvents.

本論文成功使用卷對卷狹縫塗佈製作高分子太陽電池，並深入探討各製程參數對效率之影響，最後並成功開發使用無鹵素之溶劑作為製程溶劑，製作出之太陽電池效率與使用傳統鹵素溶劑相當，符合未來環保之需求。

- (4) 論著名稱為【Morphological Characterization of Vertically Phase-separated

Ternary Polymer Solar Cells toward High Performance】。Bulk heterojunction (BHJ) polymer solar cells have attracted a great deal of attention due to some of their advantages, such as low weight, flexibility, easy fabrication, and low cost. The power conversion efficiency of polymer solar cells can be dramatically affected by both the nanostructure of BHJ and the interface between BHJ and electrodes. Recently, some research groups modified the interface between P3HT:PCBM BHJ structure and cathode by adding adequate amount of polyethylene glycol (PEG) in P3HT:PCBM solution. It was reported that during the film-forming process, PEG in P3HT:PCBM solution will diffusion vertically upwards and self-assembled into the nano-scale domains near the surface of thin film served as a buffer layer, which provides efficient carrier selection and transport properties. With this PEG-induced buffer layer, P3HT:PCBM devices showed an enhanced power conversion efficiency. Besides the modification of interface, there is few knowledge on the difference between BHJ nanostructures of pristine P3HT:PCBM BHJ blend and P3HT:PCBM:PEG ternary BHJ devices due to self-organized process of PEG along the vertical direction. It is also lack for correlation of hierarchical morphology to device performance. In order to solve these problems, we employed grazing incident small-angle and wide- angle X-Ray scattering (GISAXS and GIWAXS) technique, which is the promising tool to probe the nanostructures of various phases in the BHJ solar cell. In our study, we fabricated efficient P3HT:PCBM:PEG devices by tailoring the concentration of PEG. Further, we quantitatively characterized the nanostructures of these BHJ ternary films by GISAXS and GIWAXS. Our study presents the fundamental understanding of PEG effect on the multi-length scales of morphology and spatial distribution correlated to performanc.

本論文使用劣角小角及廣角散射深入探討量化 P3HT:PCBM:PEG 形成之三元塊狀異質接合元件之奈米結構，了解添加 PEG 形成緩衝層對效率之影響，可做為後續製作太陽電池之理論基礎參考。

- (5) 論著名稱為**【Quantitative Correlation of Nanomorphology and Performance of High-Efficiency Isoindigo-Based Copolymers Solar Cells Tailored by Solvent and Additive】**。Polymer solar cells have attracted lots of attentions due to the promising characteristics of low cost, low weight, mechanical flexibility and semi-transparency. Isoindigo is an environment friendly material because it is a kind of natural pigment which can be derived by plant. Additionally, its strong electron-pull property makes it become an ideal candidate for synthesizing low band-gap donor-acceptor copolymers. We have blended the isoindigo-based low band-gap polymer with the repeating unit constructed from alternative isoindigo and six thiophenes (P6TI) as donor with [6,6]-phenyl-C71-butyric acid methyl ester (PC71BM) as acceptor to fabricate the bulk heterojunction (BHJs) solar cells. By tailoring the processing solvent and solvent additive, we have improved power conversion efficiency (PCE) up to 7.2%. To date, the systematic study

of how processing solvent and solvent additive control the BHJ morphology to improve device PCE of isoindigo-based copolymer is still not sufficient. Because of special molecular architecture and packing structure of P6TI, the formed BHJ structure is different from those of the other low band-gap polymers reported. We employed the grazing-incidence small- and wide-angle X-ray scattering (GISAXS and GIWAXS) technique to quantitatively investigate the three-dimensional nanophase-separated domains of donor and acceptor phases and interpretation network in P6TI:PC71BM system. This work further studied the hierarchically structural evolution of P6TI:PC71BM BHJ blend film as functions of host solvent and additive. Finally, the relationship among synthesis, structure and performance was established. This work is helpful to provide a guideline for choosing the appropriate processing solvent and solvent additive to obtain the suitable active layer morphology to achieving high efficiency polymer solar cell.

本論文研究環境親合之 isoindigo 材料接合噻吩與 PC71BM 製作之高分子太陽電池，經由調控製程溶液及添加劑，能量轉換效率可提升至 7.2%。並使用劣角小角及廣角散射技術研究三維奈米相分離之結構，探討合成、結構及效率之關聯，作為後續選擇溶劑、添加劑，用以提升太陽電池效率時之參考。

11. 發表於 2014 年 8 月 3~8 日 World Renewable Energy Congress (WRECXIII) 1 篇論文：

論著名稱為【Enhanced performance of dye-sensitized solar cells aided by olive-shaped ZnO nanocrystallite aggregates as the light scattering layer】。Olive-shaped ZnO nanocrystallite aggregates were synthesized for dye-sensitized solar cells (DSSCs). The submicron-sized hierarchical nanostructure is composed of highly crystalline ZnO nanoparticles about 20 nm in diameter and has an overall dimension of approximately 150 nm x 300 nm. An economical and environment-friendly aqueous-solution method was developed to synthesize the olive-like aggregate. This template-free self-assembly method involved the mixing of zinc nitrate and sodium hydroxide aqueous solutions at a low temperature (80°C) and aging the mixture for a particular length of time. We employed a low-temperature (150°C for 1 h) thermal treatment process for the fabrication of bi-layer photoelectrode, with commercial ZnO nanoparticles (~20 nm) as the under-layer and submicron-sized structures as the light-scattering over-layer. The N719-sensitized DSSCs containing the aggregate over-layer reached a power conversion efficiency of 4.4%, 33% higher than that attained by DSSCs incorporating large solid particles (200-500 nm) as the scattering layer. The enhanced overall conversion efficiency of aggregate-based cells was correlated with a prominent increase in the short-circuit current density. Optical and dye-loading investigations show that this improvement can be attributed to the dual functionality of the olive-shaped nanocrystallite

aggregates, which have excellent light-scattering ability to enhance photon capture while providing a large surface area for sufficient dye adsorption.

使用既經濟又環保的水溶液法合成橄欖球狀的氧化鋅奈米聚集體，應用於染料敏化太陽電池(DSSC)，此奈米結構是由氧化鋅奈米顆粒直徑約20nm 聚集而成，聚集成約150nm×300 nm。我們採用低溫(150°C，1小時)的熱處理法製備光電極，搭配商業用的氧化鋅奈米顆粒(~20 nm)作為下層，和此氧化鋅奈米聚集體的結構作為光散射層，使光電轉換效率可達到4.4%，比使用市售的氧化鋅顆粒(200-500 nm)作為散射層製備為元件，相較之下可獲得高出33%的光電轉換效率。合成出此聚集體應用於DSSC，對未來OPV製程開發及DSSC產業化具有參考價值。

12. 發表於2014年10月5~9日 7th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-7) 3篇論文分別為：

- (1) 論著名稱為【Influence of thermal cyclic annealing procedure on the GaAs epi-layer grown on Si substrate by MOVPE】。In this paper, authors represent the influence of thermal cyclic annealing (TCA) on the structural and optical properties of GaAs-on-Si by low-pressure metalorganic vapor phase epitaxy (MOVPE) system. The annealing temperature is from 400 to 850°C, and the number of TCA varied from one to five. It should be noted the thickness of samples is kept at 1.8 μm but with different TCA cycles. Characterization results indicate that the GaAs-on-Si samples with TCA exhibit narrower double crystal X-ray rocking curve (DCXRC) full width at half maximum (FWHM) than without. The FWHM of these samples with 1, 2, 3, 4, 5 cycles respectively are 190, 170, 150, 150, 150 and the FWHM result was found saturated at 3 TCA cycles. For understanding the influence of thickness on GaAs epi-layer grown on the Si substrate. The GaAs epi-layers of 1, 1.5, 2, 2.5, 3 μm thick with increasing TCA cycles were obtained. It showed the strongest photoluminescence (PL) intensity and DCXRC FWHM as narrow as 112 arcsec in the sample of 5 TCA cycles and 3 μm thick. Significant improved crystalline properties of GaAs-on-Si samples are related to the reduced dislocation density and details will be discussed.

本論文價值在於提供一個磊晶成長三五族薄膜於矽基板的方法，並探討其實驗結果，最終將利用此方法磊晶成長三五族薄膜於矽基板作為緩衝層，在其上成長高效率三五族太陽電池。此貢獻主要在探討磊晶成長三五族薄膜於矽基板，並以此方法改善其磊晶品質(科技基礎研究)，預期利用此技術成長太陽電池，其效率能有效提升(科技整合創新)，最後提供一個降低整體磊晶成本的方法，促進產業升級(產業經濟發展)。

- (2) 論著名稱為【Performance Improvement of GaN-based HEMT Grown on Si (111) Substrate by Inserting LT-AlN Layer】。Employing Si substrates can give a short-cut to combine GaN-based electronics and a Si integrated circuit, the III-nitride devices market has been focusing on the technique of growing GaN-based HEMT on Si substrates. However, the large strain between GaN and Si will inhibit the growth thickness of GaN layer, and thus the poor

crystal quality is the handicap for its applications in GaN-based devices. In this paper, we have grown high quality and thicker enough GaN layer on Si by introducing the LT-AlN (low temperature AlN) layer and studied its influence on device performance.

本論文價值在於提供一個磊晶成長三五族薄膜於矽基板的方法，以低溫氮化鋁層作為緩衝，於矽基板上磊晶成長氮化鎵，並探討其實驗結果，最終利用此方法磊晶成長三五族薄膜於矽基板作為緩衝層，在其上製作高速電子電晶體元件(HEMT)。此貢獻主要在探討磊晶成長三五族薄膜於矽基板，並以低溫氮化鋁層改善磊晶薄膜磊晶品質(科技基礎研究)，利用此技術有效改善高速電子電晶體元件效率(科技整合創新)，並降低整體磊晶基板成本，促進電子半導體產業升級(產業經濟發展)。

- (3) 論著名稱為【The Performance of GaN-base LED Grown on Nano Pattern Sapphire Substrate and Further Improved with SiO₂ Sidewall Blocking Layer】。We applied nano imprint lithography to fabricate nano pattern sapphire substrate (PSS). Because the imprint resin can't endure the induced coupled plasma (ICP) bombarded, we use Ni metal to replace the resin as our etching mask. Here we fabricated nano-PSS with the depth of 500 nm. The pattern is arranged in hexagonal shape. The diameter and pitch of nano scale pattern are about 424 nm and 1 μm . light emitting diodes (LEDs) used in this experiment were all grown on 2" metal organic chemical vapor deposition (MOCVD) system. The conventional LED was grown on the planar sapphire substrate and used as a reference. There are three samples labeled as A, B, and C in this work. Sample A is the reference as mentioned while Sample B and C were those nano-PSS with and without SiO₂ blocking layer, respectively.

本論文價值在於討論磊晶成長三五族發光二極體於奈米壓印藍寶石基板，並分析不同製程方法影響發光二極體發光效率之結果。此貢獻主要在探討不同方法製作之發光二極體量子效率變化(科技研究)，改善發光二極體發光效率，促進光電產業技術升級(產業經濟發展)。

13. 發表於2014年5月23日第12屆微電子技術發展與應用研討會1篇論文：論著名稱為【摻雜鋁的氧化鋅透明導電薄膜於室溫下沉積】。Al-doped zinc oxide (ZnO:Al, AZO) as a transparent and conductive thin films were deposited on soda-lime glass (SLG) by radio-frequency (RF) magnetron sputtering using a ceramic oxide target at room temperature. By varying argon mass flows (working pressure) and radio frequency powers, the resistivity (ρ) of $7.12 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$, the carrier concentration (n) of $3.67 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, the Hall mobility (μ) of $23.9 \text{ cm}^2/\text{V s}$, and the optical transmittance of over 84% in the visible could be reached. Many researches indicate that Al doped ZnO films is a promising candidate for transparent conducting oxide (TCO), which is useful for applying to optoelectronic devices such as solar cell, flat panel displays, and light emitting diodes (LEDs)。

使用射頻濺鍍之 AZO 薄膜，在製作過程全程不加熱及未通氧的情形下，

電阻率可與現今主流之 ITO 達到同樣數量級，穿透率亦達 84%，在主流 ITO 需使用稀有元素銦的情形下，有潛力取代 ITO 作為透明導電層，可應用於太陽電池或 LED 產品上。

14. 發表於 2014 年 6 月 21~23 日中華民國系統科學與工程研討會 1 篇論文：論著名稱為【一種被動式太陽光照明之集光與放光模擬研究】。本研究提出一種簡約且具高聚光的被動式太陽光照明系統之模擬設計，係針對太陽光照明所需之集光與放光技術進行光學設計，以數片平凸透鏡作特殊幾何排列，使其不需追日系統即可收集到太陽於不同時段所發出之平行光，並透過透鏡聚焦到光纖作內部傳導，最後傳導至放光元件。預期此系統無論於晴天的早上、中午或下午時段，將可提供大樓內部浴廁獲得充足太陽光照明。若將此論文提出之技術實際用於室內植物箱之照明，預期將可節省 30~50% 電費支出。

15. 發表於 2014 年 10 月 6 日 2014 真空年會研討會 7 篇論文分別為：

- (1) 論著名稱為【以有機金屬化學氣相沉積法磊晶再成長磷化銦鎵單界面太陽電池】。In this paper, we present the influence of the epitaxial regrowth for the GaInP single junction solar cell grown by MOCVD. We used the wet etching method to remove the top epilayers and regrow GaInP epilayers. The film properties were measured by high resolution X-ray diffraction(HR-XRD), photoluminescence(PL), and atomic force microscopy(AFM). The result of the photovoltaic conversion efficiency was 16.8 %, short-circuit current was 1742.7 mA/cm^2 , open circuit voltage was 1.47 V, and fill factor was 88%. All of those results were under multi sun illumination. According to the experiment result, the epitaxial regrowth is helpful to improve the GaInP epilayers properties and it will be used between different epitaxial systems in the future.

在蝕刻後二次磊晶成長時，成功於 GaAs 緩衝層上再次堆疊 GaAs 緩衝層，在不改變 GaInP 磊晶層特性，以及降低效率的條件下，有效改善此磷化銦鎵磊晶層。未來可藉由磊晶再成長之技術，以增加不同磊晶系統間之結合性。

- (2) 論著名稱為【以有機金屬化學氣相沉積法成長摻雜銻之磷化銦鎵薄膜特性研究】。In this paper, the results of the dopant of antimony (Sb) into p-InGaP epitaxial layers on Ge substrates by metal organic chemical vapor deposition (MOCVD) were presented in this report. The material properties of p-GaInP bulk layers were characterized by using high resolution X-ray diffraction (HR-XRD), photoluminescence (PL) and atom force microscopy (AFM). The PL measurement results indicated that peak wavelength of p-GaInP layers could be shifted from 702 nm to 673 nm (blue-shift) with increasing Sb dopant. It was also found that the PL intensity could be improved to 54% relatively by increasing Sb flowing rate from 0 to 30 sccm. In addition, hole concentration was raised from $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ to $2.3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ from the ECV measurements. In AFM measurement, it was also found that surface morphology was significantly improved as the Sb flowing rate was

increased.

本實驗係以五族銻(Sb)元素作為磷化銦鎵摻雜來源，可改善其薄膜表面之粗糙度，同時可將其磊晶成長模式導向無序成長，用以增加製程彈性；銻元素(Sb)摻雜於磷化銦鎵材料內能提高材料之能隙能量，如應用於太陽電池範疇時，能使其開路電壓獲得改善，以及增加光電轉換效率。

- (3) 論著名稱為【利用有機金屬化學氣相沉積法成長磷化銦鎵材料特性之研究】。In this paper, we present the characterization results of the MOCVD grown InGaP and GaAs thin films on GaAs substrate when different growth temperatures and substrate offcut angles are concerned via the use of high resolution XRD (HRXRD), PL and ECV. The crystal quality of InGaP was found to strongly depend on growing temperature and substrate offcut. We have observed significant increases in photoluminescence intensities due to changes in growth temperature from 535°C to 550°C. And the doping efficiency of tellurium at 550°C was higher when several substrate offcut angles were used. Furthermore, GaAs substrate with 6° offcut toward (001) resulted in better crystal qualities than those grown by using substrate with 2° offcut for the epitaxial growth of both InGaP and GaAs. These results would be utilized to grow multi-junction solar cell.

本實驗係以不同偏角度基板作為磊晶成磷化銦鎵與砷化鎵材料，實驗得知基板角度之選擇可影響其摻雜濃度與光激發光之強度，證實採用基板角度 6°，於高溫成長時之薄膜品質相較低溫成長佳。因此本實驗建構完整三五族材料成長於不同角度基板之製程參數，可改善太陽電池磊晶製程實驗所耗之時程與材料。

- (4) 論著名稱為【三五族化合物半導體材料成長在不同偏角度砷化鎵基板之研究】。We reported the growth of GaInP and GaAs used in III-V solar cell by MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) on GaAs substrates. The films properties are tunable by changing the growth pressure, temperature, V/III ratio and the amount of substrate offcut to attain the optimization of each epitaxial layer. In this report, the effects of substrate offcut (0°, 2°, 6° and 15°) on the epitaxial layer quality are studied. By using the double crystal x-ray diffraction-meter, photoluminescence spectroscopy and electrochemical capacitance voltage analyzer the film qualities are characterized. From the PL analysis, the maximum intensity and the narrowest FWHM of the films grown on (100) GaAs with 6° and 15° are obtained. The 0° and 15° substrate, respectively, causes red and blue shift phenomenon of the wavelength of the GaAs and GaInP films, respectively. In addition, the carrier concentration of the GaInP film remains relatively unchanged as the substrate offcut angle is varied. However, significant difference of carrier concentration is obtained in between the GaAs epilayers grown on GaAs substrates with 0° and 15° offcuts. In the future, the GaAs substrate with appropriate offcut will be adopted for the III-V solar cell applications.

本實驗係以 MOCVD 成長異質接面(GaInP/GaAs)磊晶層於不同偏角度之

砷化鎵基板，在 XRD 晶格繞射檢視下，發現皆為高品質之薄膜。同時也證實了 6° 之基板能得到最佳的螢光強度。砷化鎵層在 0° 會產生紅位移現象；而磷化鎵在 15° 會產生藍位移現象。載子濃度則是砷化鎵材料受到基板偏角度影響最顯著；反之磷化鎵則不受影響。未來將能使利用不同基板偏角度於三五族多接面太陽能電池的應用上，更具選擇之彈性。

- (5) 論著名稱為【III-V 族太陽電池雙層抗反射層之研究】。本研究採用二氧化鈦(TiO_2)、五氧化二鉭(Ta_2O_5)、三氧化二鋁(Al_2O_3)及二氧化矽(SiO_2)等材料進行 III-V 族太陽電池抗反射層研究，由設計開始，乃至子電池電流匹配優化，並製鍍於 InGaP/(In)GaAs/Ge 多接面太陽電池上，得到 InGaP/GaAs/Ge 三接面太陽電池最佳之抗反射膜層設計。經抗反射膜塗裝前後，太陽電池的頻譜響應與電流-電壓特性以及外部量子轉換效率量測結果，我們發現於最佳化後的抗反射鍍膜設計條件下，太陽電池之短路電流密度與能量轉換效率在一個太陽照光下，分別可以提升 30.8% 及 31.1%。

本論文介紹一種優化方法，乃利用數種光學薄膜材料於 III-V 族三接面太陽電池上模擬，並針對各子電池之電流匹配作優化，可得到各種不同類型之 III-V 族太陽電池，其最佳雙層抗反射膜設計。運用此一設計於本所磊晶成長之太陽電池上，可提升太陽電池能量轉換效率達 31.1%。

- (6) 論著名稱為【退火條件對矽基板上鍍薄膜特性之影響】。The formation of Germanium on Si substrate plays an important role in the fabrication of III/V solar cells on silicon substrate. In this study, we evaporated various thickness of Ge on Si by E-gun evaporation system at different temperatures to study the effects of annealing conditions on the quality of Ge thin film evaporated on Si substrate. After the evaporation, two kinds of annealing process including laser annealing and rapid thermal annealing (RTA) were adopted for the annealing process. In the laser annealing, we investigated the Ge film quality after various power of laser annealing. X-ray diffraction (XRD) measurement showed the peaks of Ge and Si overlapped as the power of laser annealing increased. For the samples undergone with the RTA step, we investigated the Ge film quality after various RTA conditions are conducted, in which it was found that the best quality of Ge film could be obtained after RTA at 800°C for 2 hours by XRD measurements.

我們以不同溫度的電子束蒸鍍系統將不同厚度的鍍蒸鍍於矽基板上，並利用不同功率的雷射退火與不同溫度時間的快速熱退火，來進行後續的退火處理，最後再以 X 射線繞射分析儀分析其鍍薄膜品質。以雷射退火方面，當電子束蒸鍍系統溫度大於室溫，Ge 厚度大於 100 奈米，雷射退火功率大於 0W 時，Ge(004)峰值訊號會出現，並隨著功率的增加，結晶性漸漸變差。在快速熱退火部分，改變電子槍蒸鍍系統的溫度(250°C 、 350°C)，並不會對 Ge (004)峰值造成太劇烈的變化，但 RTA 的溫度與時間卻深深影響，且在 800°C -2hr 有最佳的 Ge (004)峰值強度。

- (7) 論著名稱為【以有機金屬化學氣相沉積技術成長砷化鎵薄膜於矽基板特

性研究】。本文使用有機金屬化學氣相沈積設備在在 4° 偏角(100)矽基板上成長固定厚度 1.8 μm 砷化鎵(GaAs)薄膜，並以熱循環退火(thermal cyclic annealing; TCA)探討其對薄膜結構、光學特性之影響，其中 TCA 溫度區間為 400 至 850°C，退火次數為 1 至 6 次。實驗結果顯示，就相同 GaAs 薄膜厚度(1.8 μm)而言，有經過 TCA 處理樣品之結晶與光學特性都優於沒有經過 TCA 的樣品。此外，隨著 TCA 次數增加，GaAs 薄膜之雙晶 X 光繞射震盪曲線(double-crystal X-ray rocking curve; DCXRC)半高寬逐漸變窄；值得注意的是，TCA 次數 3~6 次 GaAs 薄膜半高寬會趨近於約在 150 arcsec。

本篇論文的價值在於成長並探討高品質三五族薄膜於 Si 基板之結果，最終將利用此薄膜於高效率太陽電池及相關光電元件。此貢獻主要在太陽電池之散熱應用(應用面)、聚光效率提升(科技面)、降低成本(經濟面)；未來，更將此技術與用於 III-V on Si 的電子元件(前瞻面)，如:HEMT 及 FET 等積體電路製作。

16. 發表於 2014 年 12 月 6~7 日中國機械工程學會第 31 屆全學術研討會暨 103 年度年會 1 篇論文：

論著名稱為【射頻磁控濺鍍法沉積透明導電膜應用於 CZTS 和 CIGS 太陽電池視窗層上研究】。在本次研究中，我們使用射頻(RF)磁控濺鍍機系統在室溫環境下，於玻璃基板上沉積本質氧化鋅(i-ZnO)和氧化銦錫薄膜(ITO)，針對透明導電氧化膜(TCO)未來使用在銅鋅錫硫與銅銦鎵碲(CZTS 與 CIGS)太陽電池中的視窗層，所做的初步研究與探討，依據本質氧化鋅(i-ZnO)25nm /透明導電膜(ITO)500nm 結構下進行不同退火溫度與時間分析，經由退火 200°C 後，測量穿透率提升至 90.03%、能隙值 3.48eV，未來延伸到太陽電池元件上，應當有正向的參考性。

本研究報告使用射頻磁控濺鍍機沉積本質氧化鋅(i-ZnO)與銦錫氧化物(ITO)薄膜，在室溫下沉積於載玻片玻璃基板上。經由實驗退火製程，對於穿透率可提升，接下來我們延伸到 CZTS 與 CIGS 太陽電池窗層中有正向的參考性。使用射頻濺鍍之 ITO 薄膜，在濺鍍過程未通氧的情形下，測試各種退火條件，發現適當退火後，穿透率可達 90%，已足以作為透明導電層，應用於太陽電池產品上。

(二) 與學界合作研究

1. 參與中研院永續科學研究計畫，負責「開發新世代溶液加工的有機太陽能電池」計畫中之分項「朝向商用模組化大尺寸非真空全溶液有機太陽能電池製程技術的建立與評估」，執行期間為 103 年 1 月 1 日至 105 年 12 月 31 日，共三年。
2. 與國立中央大學光電科學研究中心合作，共同執行國科會專題研究計畫「高效率新型超淺接面矽晶太陽電池關鍵技術之研發與製作」，執行期間為 101 年 12 月 1 日至 103 年 11 月 30 日，共兩年。
3. 透過與學界合作，分別進行影響 CZTS 效率因素之研究、高效率串疊型

高分子太陽能電池及新型金屬電極之研究、高分子太陽能電池之低能隙全波段吸收高分子合成之研究、高效率太陽能電池用低能隙共軛高分子及碳六十衍生物之合成、水上發電機組浮動平台與其錨泊系統之技術開發、太陽能電池模組材料碳足跡評估、太陽光奈米分光技術研發、太陽能預測模式與分析技術研究、台灣東部區域聚光太陽能模組耐久性能實測研究等研發工作及學術論著發表，促進國內相關研究單位交流，共培育博士研究生 5 人，碩士研究生 4 人，培育國內太陽光發電領域的人才。

二、技術創新(科技整合創新)

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

伍、本年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

單位：仟元

細部計畫		(個別)研究計畫		主持人	執行機關	備註
名稱	經費	名稱	經費			
太陽光電技術發展與應用	109,842				核能研究所	
		先進太陽電池技術開發	38,296		核能研究所	
		低碳足跡模組技術開發	29,679		核能研究所	
		太陽能應用系統整合技術開發	41,867		核能研究所	

(二) 經費門經費表

單位：仟元

會計科目		預算數 / (執行數)			備註	
		主管機關預算 〔委託、補助〕	自籌款	合計		
				金額〔仟元〕		占總經費%
一、經常支出						
1.人事費						
2.業務費		74,860 (74,197)		74,860 (74,197)	68.15 (67.55)	
3.差旅費						
4.管理費						
5.營業稅						
小計		74,860 (74,197)		74,860 (74,197)	68.15 (67.55)	
二、資本支出		34,982 (34,982)		34,982 (34,982)	31.85 (31.85)	
小計		34,982 (34,982)		34,982 (34,982)	31.85 (31.85)	
合計	金額	109,842 (109,842)		109,842 (109,179)	100 (99.40)	
	占總經費%	100 (100)		100 (99.40)		

(二) 100 萬以上儀器設備

本段落屬機密性內容，故不公開

二、計畫人力執行情形

(一) 計畫人力

執行情形	總人力 (人月數)	研究 員級	副研究 員級	助理研 究員級	專任 助理	博士後	博士生 兼任	碩士生 兼任	其他
原訂	836.4	43.2	130.8	512.4	150	0	0	0	0
實際	815.4	43.2	130.8	512.4	129	0	0	0	0
差異	-21	0	0	0	-21	0	0	0	0

與原核定計畫差異說明：

本年度計畫執行期間，4 位技術員因個人生涯規劃，分別於 4、6、8 及 10 月退休，人力之異動不影響計畫之運作，計畫執行大致符合原規劃的工作進度，運用良好。

(二) 主要人力(副研究員級以上)投入情形

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
	分支計畫 主持人	3 人月 計畫管理	學 歷	
			經 歷	
			專 長	
	分項計畫 主持人	4.2 人月 協助計畫推行及先進太陽電池技術開發規劃與督導	學 歷	
			經 歷	
			專 長	
	分項計畫 主持人	4.8 人月 低碳足跡模組技術開發	學 歷	
			經 歷	

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長		
		規劃與督導	專 長		
	分項計畫 主持人	1.8 人月 太陽能應用系統整合技術開發 規劃與督導	學 歷		
			經 歷		
			專 長		
	研究人員	5.4 人月 III-V 族多接面太陽電池技術開發	學 歷		
			經 歷		
			專 長		
	研究人員	3.6 人月 太陽能預測技術開發	學 歷		
			經 歷		
			專 長		
	研究人員	3 人月 太陽能預測技術開發	學 歷		
			經 歷		
			專 長		
	研究人員	6 人月 高分子太陽電池模組技術開發	學 歷		
			經 歷		
			專 長		
	研究人員	5.4 人月 水面浮動太陽能發電系統技術開發	學 歷		
			經 歷		
			專 長		
	研究人員	4.8 人月 太陽光照明系統技術開發	學 歷		
			經 歷		
			專 長		
	研究人員	3.6 人月 太陽能預測技術開發	學 歷		
			經 歷		
			專 長		
	研究人員	4.8 人月 太陽光照明系統技術開發	學 歷		
			經 歷		
			專 長		
	研究人員	6 人月 水面浮動太陽能發電系統技術開發	學 歷		
			經 歷		
			專 長		

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

☐ 計畫主持人 _____ 已閱讀上述計畫基準報告（季報）及成果效益報告內容，並同意提送第二期能源國家型科技計畫辦公室、相關連結小組/主軸中心，彙整後提送行政院、立法院及科技部備查。

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

附件二：GRB 佐證資料表

一、學術成就表(1)

						採西元 年 如： 2005	期刊名稱，卷期，頁 如：科學發展月刊，409 期，頁 6-15	a 表國內一般期刊 b 表國內重要期刊 c 表國外一般期刊 d 表國外重要期刊 e 表國內研討會 f 表國際研討會 g 著作專書	例如： SCI、 SSCI、 EI、AHCI、 TSSCI		Y1:被論 文引用 Y2:被專 利引用 N:否	Y:有獲 獎 N:否	
年度	計畫名稱	中文題名	英文題名	第一作者	其他作者	發表年 度	論文出處	文獻類別代碼	重要期刊 資料庫簡 稱	SCI impact factor	引用情 形代碼	獲獎情 形代碼	獎項名稱
103	太陽光電技術發展與應用	濕熱引起 InGaP/GaAs/Ge 三界面太陽能電池性能的下降	Damp-heat Induced Performance Degradation for InGaP/GaAs/Ge Triple Junction Solar Cell			2014	Journal of Nanomaterials,2014,410 717-1~6	d	SCI	1.53	N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	垂直整合三界面太陽能電池的自我偏壓氧化鋅奈米線濕度感測器	Self-biased ZnO nanowire humidity sensor vertically integrated on triple junction solar cell			2014	SENSOR ACTUAT B-CHEM vol.197, 137-141	d	SCI	3.535	N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	聚光型量子點太陽能電池之中間能帶機制研究	Intermediate-band dynamics of quantum dots solar cell in concentrator photovoltaic modules			2014	Scientific Reports vol.4:4792, 1-7	d	SCI	2.927	N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	非晶鍺薄膜對鍺單界面太陽能電池的鈍化作用	Amorphous Ge passivation effects on Ge solar cells			2014	IEEE Journal of Photovoltaics, Volume 4, No. 3, P.968-971	d	SCI	3.0	N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	藉由調控電子傳輸層提升大面積卷對卷狹縫塗佈之反式高分子太陽能電池效率	Performance improvement of large-area roll-to-roll slot-die-coated inverted polymer solar cell by tailoring electron transport layer			2014	Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 130, P.191-198	d	SCI	5.03	N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	金屬柵極間距對不同照度之聚光型太陽能電池影響	Influence of Metal Grid Spacing on the Conversion Efficiency of Concentration Solar Cell at Different Illumination Levels			2014	Materials Science & Engineering B , Vol.188, p.43~47	d	SCI	1.84	N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	TiO ₂ 奈米桿反應動力學及成長機制研究:面向附著之探討	Reaction Kinetics and Formation Mechanism of TiO ₂ Nanorods in Solution: An Insight into Oriented Attachment			2014	J. Phys. Chem. C, 118 (45), pp 26332~26340	d	SCI	4.84	N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	不同高聚光太陽能電池接收器之特性比較	Characteristic and Comparison of Different Submounts on Concentrating Photovoltaic Module			2014	CPV-10	f			N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	高聚光太陽能接收器之相變化材料研究	Study of Phase Change Materials Applied to CPV Receivers			2014	CPV-10	f			N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	小分子有機太陽能電池異質	Hierarchical Bulk Heterojunction Structure of Solution-processed			2014	國際電子材料年會	f			N	Y	論文優等

	術發展與應用	接合結構之同步輻射研究	Small molecule Organic Solar Cell Studied by Synchrotron Scattering				(IUMRS-ICEM)							獎(Best Poster Award)
103	太陽光電技術發展與應用	利用電子傳輸層調控高效率反式高分子太陽電池之研究	Tailoring a High Performance of Inverted Polymer Solar Cell by Modifying the Electron Transport Layer			2014	國際電子材料年會 (IUMRS-ICEM)	f				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	卷對卷製程製作高分子太陽電池之有機光敏層構造之研究	Controlling the Formation of Organic photoactive Layer of Roll-to-Roll Processed Polymer Solar Cells			2014	國際電子材料年會 (IUMRS-ICEM)	f				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	高效率三元高分子太陽電池之垂直相分離結構分析	Morphological Characterization of Vertically Phase-separated Ternary Polymer Solar Cells toward High Performance			2014	國際電子材料年會 (IUMRS-ICEM)	f				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	高效率異靛藍基共軛高分子太陽電池之奈米結構定性分析研究	Quantitative Correlation of Nanomorphology and Performance of High-Efficiency Isoindigo-Based Copolymers Solar Cells Tailored by Solvent and Additive			2014	國際電子材料年會 (IUMRS-ICEM)	f				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	橄欖球狀奈米氧化鋅聚合體作為光散射層應用於染料敏化太陽能電池	Enhanced performance of dye-sensitized solar cells aided by olive-shaped ZnO nanocrystallite aggregates as the light scattering layer			2014	World Renewable Energy Congress (WRECXIII)	f				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	以有機金屬氣相沉積系統於矽基板上磊晶成長砷化鎵薄膜，並討論不同熱循環回火步驟之影響	Influence of thermal cyclic annealing procedure on the GaAs epi-layer grown on Si substrate by MOVPE			2014	7th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-7)	f				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	以低溫氮化鋁層改善矽基板上成長氮化鎵高電子遷移率電晶體之性能	Performance Improvement of GaN-based HEMT Grown on Si (111) Substrate by Inserting LT-AlN Layer			2014	7th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-7)	f				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	以奈米圖案化藍寶石基板成長氮化鎵基高性能發光二極體，並利用二氧化矽側牆阻擋層改善其發光效率	The performance of GaN-base LED Grown on Nano Pattern Sapphire Substrate and Further Improved with SiO ₂ Sidewall Blocking Layer			2014	7th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-7)	f				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	一種被動式太陽光照明之集光與放光模擬研究	A simulation study of passive sunlight collection and emission for solar lighting			2014	中華民國系統科學與工程研討會	e				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	以有機金屬化學氣相沉積法磊晶再成長磷化銦鎵單界面太陽電池	Epitaxial regrowth of GaInP single junction solar cell by MOCVD			2014	2014 年真空年會研討會	e				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	以有機金屬化學氣相沉積法成長摻雜銻之磷化銦鎵薄膜特性研究	Characterizations of Sb incorporation in InGaP films grown by Metal Organic Chemical Vapor Deposition			2014	2014 年真空年會研討會	e				N	N	
103	太陽光電技術發展與應用	利用有機金屬化學氣相沉積法成長磷化銦鎵材料特	Characteristics of GaInP material on GaAs substrate grown by MOCVD			2014	2014 年真空年會研討會	e				N	N	

	用	性之研究											
103	太陽光電技術發展與應用	三五族化合物半導體材料成長在不同偏角度砷化鎵基板之研究	The study of III-V compound materials grown on GaAs substrates with various offcuts			2014	2014 年真空年會研討會	e				N	N
103	太陽光電技術發展與應用	III-V 族太陽電池雙層抗反射層之研究	Investigation of Double Layer Antireflection Coating for III-V Solar Cells			2014	2014 年真空年會研討會	e				N	N
103	太陽光電技術發展與應用	退火條件對矽基板上鍍薄膜特性之影響	Effects of annealing conditions on the characteristics of Germanium thin film evaporated on Silicon substrate			2014	2014 年真空年會研討會	e				N	N
103	太陽光電技術發展與應用	以有機金屬化學氣相沉積技術成長砷化鎵薄膜於矽基板特性研究	Characterizations of GaAs film grown on Si substrate by Metal Organic Chemical Vapor Deposition			2014	2014 年真空年會研討會	e				N	N
103	太陽光電技術發展與應用	射頻磁控濺鍍法沉積透明導電膜應用於 CZTS 和 CIGS 太陽電池視窗層上研究	Study of transparent conducting oxide deposited applied to the window layer for CZTS and CIGS solar cells by RF magnetron sputtering			2014	中國機械工程學會第 31 屆全學術研討會暨 103 年度年會	e				N	N
103	太陽光電技術發展與應用	摻雜鋁的氧化鋅透明導電薄膜於室溫下沉積	Deposition of transparent conductive Al-doped zinc oxide thin films at room temperature			2014	第 12 屆 微電子技術發展與應用研討會	e				N	N

二、培育人才表(3)

			a 博士 b 碩士	a 培育 b 培訓					升學(A) 服役(B) 待業(C) 其他(D)服務機構名稱		
年度	計畫名稱	姓名	學歷代碼	屬性	所屬執行計畫名稱 (專題研究計畫)	連絡地址	電話	E-MAIL	已畢業博碩士	服務機構名稱	備註
103	太陽光電技術發展與應用	饒 00	a	a	高效率串疊型高分子太陽能電池及新型金屬電極之研究						
103	太陽光電技術發展與應用	藍 00	a	a	高分子太陽能電池之低能隙全波段吸收高分子合成之研究						
103	太陽光電技術發展與應用	張 00	a	a	高效率串疊型高分子太陽能電池及新型金屬電極之研究						
103	太陽光電技術發展與應用	彭 00	a	a	高效率太陽能電池用低能隙共軛高分子及碳六十衍生物之合成						
103	太陽光電技術發展與應用	顏 00	a	a	高效率銅鋅錫硫太陽電池技術研究						
103	太陽光電技術發展與應用	陳 00	b	a	高效率太陽能電池用低能隙共軛高分子及碳六十衍生物之合成						
103	太陽光電技術發展與應用	楊 00	b	a	聚光型太陽電池接收器可靠度研究				B	核能研究所	

103	太陽光電技術發展與應用	時 00	b	a	低碳足跡材料技術開發						
103	太陽光電技術發展與應用	林 00	b	a	太陽光奈米分光技術研發						

三、研究報告表(4)

			作者姓名間以半型分號「;」隔開				採西元年 如：2005			
年度	計畫名稱	報告名稱	作者姓名				出版年	頁數	出版單位	備註
103	太陽光電技術發展與應用	退火條件對太陽能電池特性影響之研究					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	以大面積噴塗製備高分子太陽能電池與邁向商業化製程之研究					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	以大面積噴塗高導電度高分子作為反式高分子太陽電池上電極之製程研究					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	以調控主動層成膜機制製備卷對卷塗佈之高分子太陽電池					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	切換式太陽光追蹤控制系統設計					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	非真空全溶液製備抗氧化銅奈米粒子之研究					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	電漿浸入離子佈植技術於矽晶太陽電池之應用					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	掛壁式追蹤器設計					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	太陽光模擬光源平台設計					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	一種創新的水上浮動追日型太陽能發電系統之設計與製造					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	太陽光照明系統之光纖特性研究					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	太陽光照明系統模型設計					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	銅鋅錫硫太陽電池研究報告					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	以非真空法製作 CZTSe 太陽電池吸收層與吸收層厚度最佳化					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	銅鋅錫硫太陽電池期中報告					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	水上太陽能發電系統專利分析					2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	III-V 族應用於 P 型矽歐姆接觸之太陽能元件研究					2014		核能研究所	

103	太陽光電技術發展與應用	非真空全溶液製備抗氧化導電銅墨水之研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	微型化太陽電池接收器不同二次光學元件比較		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	太陽光譜變化對於聚光型太陽電池元件之輸出特性研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	各式微型化聚光型太陽電池模組之聚光透鏡設計、製作與量測		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	聚光模組效率失效機制研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	鍍/銅電鍍電極太陽電池之創新電極圖案化製程		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	以雷射蝕刻應用於高分子太陽電池商業化模組		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	藉由添加劑優化主動層於反式高分子太陽電池之製程研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	應用於聚光型太陽電池模組之聚光透鏡濕熱老化研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	全日太陽頻譜變化效應影響電池轉換效率之研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	利用添加劑提升卷對卷塗佈之太陽電池元件效率		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	銅鋅錫硫太陽電池技術發展趨勢、專利文獻及真空製程分析		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	退火參數對沉積於矽基板上鍍薄膜特性之研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	聚光模組之碳足跡評估與減碳計畫		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	不同太陽能發電系統之生命週期評估之調查		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	添加表面修飾劑改善以噴塗製備之反式高分子太陽電池大面積元件效率		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	以有機金屬化學氣相沉積法成長摻雜銻於磷化銦鎵薄膜特性之研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	P 型 GaAs 歐姆接觸應用於 N 型矽基板太陽能元件之研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	CZTS 太陽電池之硒化製程研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	電鍍製作銅鋅錫碲太陽電池研究報告		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	不同型態奈米氧化鋅電子傳輸層對反式高分子太陽能電池之影響		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	雙層抗反射層應用於 InGaP/InGaAs/Ge 三界面太陽電池		2014		核能研究所	

103	太陽光電技術發展與應用	狹縫塗佈製作大面積高分子太陽電池模組之研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	生命週期評估計算軟體 Gabi 操作與碳足跡計算實例研究		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	太陽能專案計畫未來技術產業化藍圖規劃		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	微型化模組製作成本評估		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	二次磊晶成長法對磷化銦鍍單接面太陽電池之影響		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	銅鋅錫碲共蒸鍍製程研究		2014		核能研究所	

四、智財資料表(8)

			a 發明專利 b 新型新式樣 c 商標 d 著作智財	a 中華民國 b 美國 c 歐洲 d 其他(填國家名稱)					採西元年月 如：2005/01	採西元年月 如：2005/01	a 申請 b 獲證 c 應用 d 移轉				
--	--	--	-------------------------------------	---------------------------------------	--	--	--	--	--------------------	--------------------	------------------------------	--	--	--	--

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

五、技術報告表(9)

			作者姓名間以半型分號「;」隔開	採西元年 如：2005			
年度	計畫名稱	報告名稱	作者姓名	出版年	頁數	出版單位	備註
103	太陽光電技術發展與應用	聚光型太陽電池模組 IEC 62108 程序 D 測試報告		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	日照預測用之多點即時環境氣候資料庫建置		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	天空成像儀雲圖於太陽能發電預報之應用		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	路竹示範場之太陽能技術推廣工作報告		2014		核能研究所	

103	太陽光電技術發展與應用	光激螢光量測原理及程序		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	高聚光太陽光示範場運轉維護		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	戶外日照量監測系統架設與維護技術手冊		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	變溫磷化銦鎵成長於不同偏角度基板之技術開發		2014		核能研究所	
103	太陽光電技術發展與應用	批次式有機太陽電池塗佈機台(easycoater)操作手冊		2014		核能研究所	

六、技術移轉表(11)

本段落屬機密性內容，故不公開

本段落屬機密性內容，故不公開

