

# 政府科技計畫成果效益報告

計畫名稱：太陽光發電系統技術發展

---

---

( 群組 ) ( 領域 )

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



## 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).....	4
三、計畫主要內容.....	4
四、本年度預期目標及實際達成情形.....	6
參、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含質化與量化成果 outputs).....	9
一、本計畫重要成果及重大突破.....	9
二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破.....	20
肆、主要成就及成果所產生之價值與貢獻度(outcomes).....	26
一、學術成就(科技基礎研究) (權重 20%).....	26
二、技術創新(科技整合創新) (權重 30%).....	38
三、經濟效益(產業經濟發展) (權重 30%).....	48
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 15%).....	51
伍、本年度計畫經費與人力執行情形.....	53
一、計畫經費執行情形.....	53
(一)計畫結構與經費.....	53
(二)經資門經費表.....	53
二、計畫人力運用情形.....	55
(一)計畫人力.....	55
(二)中綱計畫執行期間累計主要人力(副研究員級以上)投入情形 ...	56
陸、本計畫可能產生專利智財或可移轉之潛力技術(knowhow)說明.....	58
柒、與相關計畫之配合.....	58
捌、後續工作構想之重點.....	59
玖、檢討與展望.....	60
附錄一、佐證資料表.....	63
附錄二、佐證圖表.....	78



## 第二部分：政府科技計畫成果效益報告

### 壹、基本資料

計畫名稱：太陽光發電系統技術發展

主持人：                    

審議編號：101-2001-02-癸-04

全程期間：99年01月01日至102年12月31日

本年度期間：101年01月01日至101年12月31日

年度經費：151,595千元 全程經費規劃：574,735千元

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

本計畫致力於太陽光發電科技研發，包含：(1)高聚光太陽光發電系統技術發展、(2)高分子太陽電池技術發展、(3)提純冶金級矽太陽電池技術開發，及(4)銅鋅錫硫系薄膜型太陽電池技術開發等四個分項工作。

#### (一)全程計畫目標

##### 1. 高聚光太陽光發電系統技術發展

精進高聚光太陽光發電相關Ⅲ-V族太陽電池、聚光模組、太陽光追蹤器、電力系統、系統整合與監控等產業化技術，涵括：

- (1)完成聚光型高效率Ⅲ-V族化合物半導體太陽電池之磊晶及製程技術能力建立，使太陽電池能量轉換效率最高可達43%。
- (2)完成效率高、耐候性佳聚光模組之設計開發，聚光倍率為1000倍，模組效率達31%。
- (3)完成25kW級大型太陽光追蹤器設計開發，追蹤精度 $<\pm 0.1$ 度。
- (4)精進系統整合與監控技術，建立具有自動偵錯機制之中央監控中心。
- (5)導入UL8703之聚光型太陽電池模組安全規範測試技術，精進太陽電池模組性能測試技術，提升模組驗證測試服務，協助國內太陽光電產業與國際市場連結。

##### 2. 高分子太陽電池技術發展

- (1)開發第三代高效率與低成本高分子太陽電池，能量轉換效率達10%。

(2) 建立適合大面積之製程技術，能與生活環境結合，並試製產品展示系統整合應用之能力。

3. 提純冶金級矽太陽電池技術開發

開發提純冶金級矽基板太陽電池，能量轉換效率  $> 10\%$ ，電池面積  $\geq 100 \text{ cm}^2$ 。

4. 銅鋅錫硫系薄膜型太陽電池技術開發

(1) 製備高品質銅鋅錫硫系薄膜。

(2) 開發高效率與低成本銅鋅錫硫系薄膜型太陽電池，能量轉換效率達  $5\sim 6\%$ 。

(3) 製作銅鋅錫硫系薄膜型太陽電池模組，展示系統整合應用之能力。

(二)99年度計畫目標

1. 高聚光太陽光發電系統技術發展

(1) 完成三接面太陽電池之製作，太陽電池在短路電流比大於 100 倍太陽聚光下，光電轉換效率為  $38\%$ 。

(2) 完成 950 倍聚光模組製作，光電轉換效率大於  $27\%$ 。

(3) 開發高精度的太陽位置感測器及智慧型控制器，追蹤精度  $< \pm 0.2$  度。

(4) 完成具有多工、多執行緒之監控軟體架構。

2. 高分子太陽電池技術發展

開發新型導電高分子，並完成高分子太陽電池之製備，且光電轉換效率可達  $3\sim 5\%$ 。

3. 提純冶金級矽太陽電池技術開發

開發乾式-電漿表面粗糙化技術與製程，獲得實驗室級 ( $< 20 \text{ cm}^2$ ) 提純冶金級矽基板太陽電池光電轉換效率約  $10\sim 11\%$ 。

(三)100年度計畫目標

1. 高聚光太陽光發電系統技術發展

1-1 III-V 族化合物半導體太陽電池研發

(1) 利用化合物半導體之磊晶系統，建立晶格匹配(Lattice Matched, LM)與晶格不匹配(Metamorphic, MM)之多接面化合物半導體太陽電池磊晶技術。

(2) 開發三接面串接式太陽電池製程，並使其能量轉換效率提升至  $39\%$  以上。

(3) 開發適合聚光倍率達 1000 倍的電極構造與製作技術。

1-2 高效率聚光模組設計開發

(1) 模組轉換效率達  $28\%$ 。

(2) 模組聚光倍率達 1000 倍。

(3) 模組通過 IEC68-2-52 先期測試。

1-3 大型太陽光追蹤器設計開發

太陽光追蹤器精度達 $\pm 0.1$ 度。

#### 1-4 系統整合與監控技術精進

運用網路插槽(Socket)完成異質作業系統之訊號交換，建立鏈結層及網路層架構。

#### 1-5 聚光型太陽電池模組安規驗證

導入聚光型太陽電池模組安全規範測試技術，精進太陽電池模組性能測試技術，並建置太陽日照計校驗技術能量。

### 2. 高分子太陽電池技術發展

(1) 開發低成本、具環保之量子點化學溶液製程技術。

(2) 開發新穎低能階導電高分子。

(3) 高分子太陽電池元件製作改善。

(4) 製作高分子太陽電池，光電轉換效率達 5~6%。

(5) 高分子太陽電池大面積製程開發。

### 3. 提純冶金級矽太陽電池技術開發

研究開發實驗室等級提純冶金級矽太陽電池，其光電轉換效率相對於 99 年度平均值提升 10%。

## (四)101年度計畫目標

### 1. 高聚光太陽光發電系統技術發展

#### 1-1 III-V 族化合物半導體太陽電池研發

(1) 開發晶格匹配與晶格不匹配之多接面化合物半導體太陽電池磊晶技術。

(2) 開發三接面串接式太陽電池製程，使能量轉換效率提升至 41% 以上。

#### 1-2 高效率聚光模組設計開發

模組聚光倍率達 1000 倍，轉換效率達 29%，符合 IEC62108 之規範。

#### 1-3 大型太陽光追蹤器設計開發

開發影像式太陽位置感測器及影像追蹤控制器，太陽光追蹤器精度  $< \pm 0.1$  度。

#### 1-4 系統整合與監控技術精進

完成線上診斷偵錯機制，採用多工多執行緒程式設計，在同網域採用非連線式 UDP 傳輸協定，藉由線上診斷偵錯系統輔助迅速判斷問題。

#### 1-5 聚光型太陽電池模組安規驗證

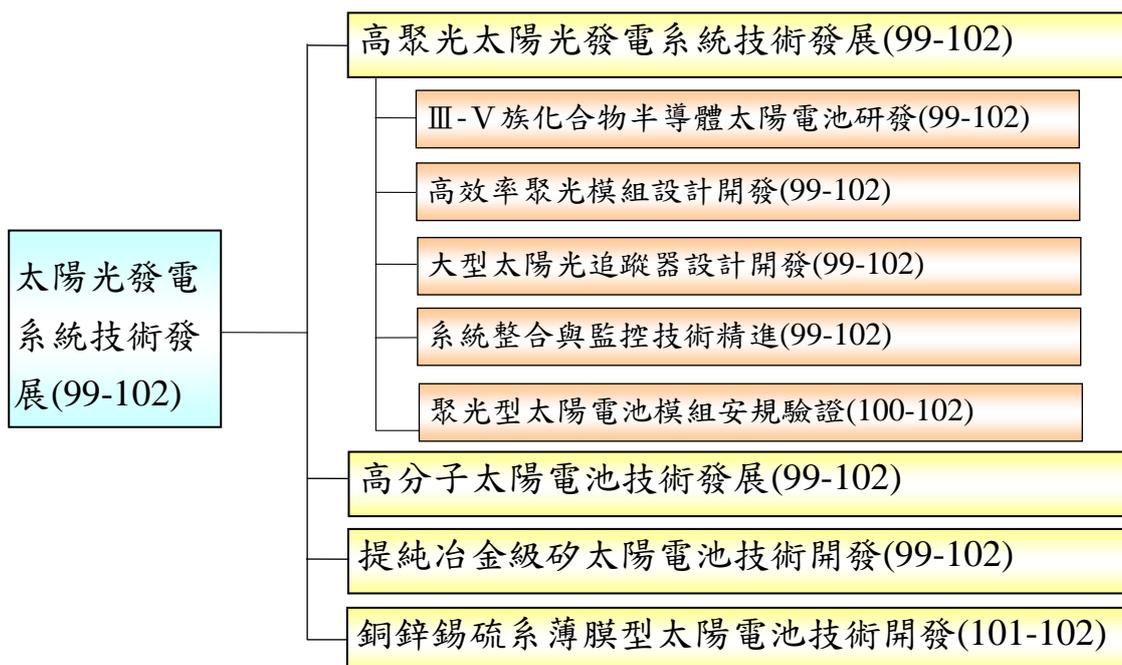
精進聚光模組性能與安規檢測技術，架設比對參考模組，導入太陽追蹤器平台驗證技術，提供太陽電池模組驗證測試服務，與建置追蹤器平台測試能量。

### 2. 高分子太陽電池技術發展

(1) 高分子太陽電池大面積製程開發，效率值達 3-4%。

- (2) 電極塗佈、接線製程、封裝技術及初步模組化技術開發。
  - (3) 新型高分子太陽電池元件結構之設計、製作與開發。
  - (4) 開發新穎低能階導電高分子，及具環保特色之量子點化學溶液製程技術。
3. 提純冶金級矽太陽電池技術開發  
 研究開發實驗室等級提純冶金級矽太陽電池，其光電轉換效率相對於 100 年度光電轉換效率之平均值進一步提升約 10%。
4. 銅鋅錫硫系薄膜型太陽電池技術開發
- (1) CZTS 薄膜太陽電池製程設備與實驗室建立。
  - (2) 開發太陽電池材料製備與元件製程技術。
  - (3) 太陽電池能量轉換效率達 3~4%。

## 二、計畫架構(含樹狀圖)



## 三、計畫主要內容

101 年度本計畫各分項工作內容如下：

- 1. 高聚光太陽光發電系統技術發展
  - (1) III-V 族化合物半導體太陽電池研發
    - a. 晶格匹配之多接面結構開發。
    - b. 晶格不匹配之材料結構開發。

c. 晶格不匹配之接面結構開發。

d. 磊晶與製程技術開發。

#### (2) 高效率聚光模組設計開發

a. 優化設計聚光倍率達 1000 倍之聚光模組，模組效率達 29%。

b. 精進光學系統設計與製作技術：設計較寬接收角度與較大組裝容忍度之光學系統，以有效提升太陽電池模組於太陽光追蹤器上之容忍度，降低因組裝誤差引起之能量損耗。

c. 開發太陽電池接收器自動化製作技術：設計符合自動化製程之接收器機構，逐步建置自動化製程設備。

d. 開發符合 IEC62108 規範之聚光型太陽電池模組製程技術，提升產品之競爭力。

#### (3) 大型太陽光追蹤器設計開發

a. 開發影像式太陽位置感測器，運用影像處理及分析，採用圓心差值適應性閉回路控制，精密地調整控制參數，使太陽光追蹤器精度  $< \pm 0.1$  度。

b. 開發 20kW 級太陽光追蹤器，設計易於校正及維護之結構。

#### (4) 系統整合與監控技術精進

在不增加軟硬體設備前提下，透過原有中央監控系統取自於太陽光追蹤控制器及換流器的相關資訊，加以整理分析，作為判斷系統狀態的條件，讓運轉人員在控制室除了能監看發電資訊外，更能利用線上診斷偵錯功能，掌握設備狀況，加速系統之修護復原機制。

#### (5) 聚光型太陽電池模組安規驗證

a. 精進聚光模組性能與安規檢測技術，架設標準光源與比對參考模組。

b. 導入太陽光追蹤器平台驗證量測技術，建置驗證測試能量。

### 2. 高分子太陽電池技術發展

(1) 利用先前建立之元件製作技術，以開發產業化量產高分子太陽電池製程技術(為主要目標)，建立相關低成本高效率大面積主動層製程方法、電極塗佈、接線製程、封裝與模組化技術。

(2) 開發環保型量子點溶液化學製程技術，以利於與導電高分子混摻行為，用於未來大面積塗佈或印刷技術應用。

(3) 完成高分子太陽電池製作，能量轉換效率達 6 ~ 8%(為本計畫之次要目標)，製作技術最佳化及可靠度提升。

(4) 新型低能隙導電高分子之研究與開發。

### 3. 提純冶金級矽太陽電池技術開發

(1) 進行多晶矽純化初步實驗，藉由實驗結果評估未來多晶矽純化技術之發展方向建立。

(2) SEM、TEM、模擬太陽光照射、I-V 曲線、轉換效率等材料光電特性分析，進行太陽電池之性能評估。

- (3) 提純冶金級矽晶片之懸浮鍍鈍化技術，及前表面正電荷鈍化技術開發與製程之建立。
  - (4) 提純冶金級矽晶片之背表面負電荷鈍化技術開發與製程之建立。
  - (5) 確立 5N 純度實驗室級提純冶金級矽太陽電池元件各項製程技術之完整標準製作程序，以及進一步提升其光電轉換效率。
4. 銅鋅錫硫系薄膜型太陽電池技術開發
- (1) CZTS 薄膜太陽電池製程設備與實驗室建立。
  - (2)  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  化合物吸收層薄膜鍍膜參數調整。
  - (3) 太陽電池緩衝層常壓化學溶液製備技術研發。
  - (4) 薄膜分析。

#### 四、本年度預期目標及實際達成情形

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

**參、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (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

(一) 學術成就

1. 完成 SCI 期刊論文 8 篇

- (1) 【Thin film solar cells fabricated using cross-shaped pattern epilayer lift-off technology for substrate recycling applications】 , IEEE Transactions on Electron Devices, 2012, 59(3), pp. 666~672.
- (2) 【Transmissive Color Filtering Using Plasmonic Multilayer Structure】 , Optical Engineering, 2012, 51(4), pp. 04001-1~04001-5.
- (3) 【Dependence of Biasing Voltage and Illumination Power on the Built-in Electric Field of InGaP Solar Cells】 , Japanese Journal of Applied Physics, 2012, 51, pp. 072301-1~072301-4.
- (4) 【Nanoparticle-Tuned Self-Organization of a Bulk Heterojunction Hybrid Solar Cell with Enhanced Performance】 , ACS Nano, 2012, 6 (2), pp. 1657-1666.
- (5) 【Diketopyrrolopyrrole-based Oligomer Modified TiO<sub>2</sub> Nanorods for Air-stable and All Solution Processed Poly(3-hexylthiophene):TiO<sub>2</sub> Bulk Heterojunction Inverted Solar Cell】 , J. Mater. Chem., 2012, 22, pp. 10589-10596.
- (6) 【Small and Wide Angle X-ray Scattering Characterization of Bulk Heterojunction Polymer Solar Cells with Different Fullerene Derivatives】 , Journal of Physical Chemistry C, 2012, 116(18), pp. 10238-10244.

- (7) **【Self-Vertical Phase Separation Study of Nanoparticle/Polymer Solar Cells by Introducing Fluoro-Containing Additives】**, Chem. Commun. 2012, 48, pp. 7250-7252.
  - (8) **【An Investigation of the Mechanisms of Light Induced Nickel Plating on P-type Silicon Substrates】**, International Journal of Electrochemical Science, 2012, 7, pp. 10711-10721.
2. 完成國際會議論文 10 篇
- (1) 發表於 2012 年 2 月 21 日~24 日第 14 屆 Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress, 論著名稱為 **【Multi-junction Solar Cells with Different Deposited Thin Films for Photoelectrochemical Water Splitting Reactions】**。
  - (2) 發表於 2012 年 4 月 16 日~18 日第 8 屆 International Conference on Concentrating Photovoltaic Systems, 三篇論文分別為 **【Large Dimension Transfer of GaAs Solar Cell onto Molybdenum and Silicon Substrates】**、**【Current Mismatch Effect on High Concentration Photovoltaic When in Series Connection】** 及 **【Durability of Silicone Encapsulation Materials for Concentration Solar Receivers】**。
  - (3) 發表於 2012 年 9 月 17 日~21 日 Organic Solar Cell Symposium and Global School for Advanced Studies (GSAS), 三篇論文分別為 **【ITO-free polymer solar cell based on Ag grid /PEDOT:PSS hybrid】**、**【Ultrasonic spray-coating of polymer solar cells】**、**【Performance and Stability of Inverted Polymer Solar Cells Using Spray Process】**。
  - (4) 發表於 2012 年 11 月 2 日~6 日第 2 屆 International Conference on Engineering and Technology Innovation, 論著名稱為 **【Degradation mechanism of III-V triple junction solar cells analyzed using step stress tests】**。
  - (5) 發表於 2012 年 11 月 29 日~30 日 International Electron Devices and Materials Symposium, 論著名稱為 **【Fabrication of CZTS thin films by AP-MOCVD】**。
  - (6) 發表於 2012 年 12 月 6 日~8 日 Optics & Photonics Taiwan, International Conference, 論著名稱為 **【Fabrication and Characterization of CZTS thin films by Sol-gel Method】**。
3. 完成國內會議論文 14 篇
- (1) 發表於 2012 年 1 月 17 日~19 日中華民國物理年會暨成果發表會, 三篇論文分別為 **【不同圓形金屬前電極對高聚光型 III-V 族太陽能電**

- 池之電性研究】、【應用於聚光型太陽能電池封裝之矽膠材料老化性質之研究】及【氧化鋁與氮化鋁基板在聚光型太陽模組特性之比較】。
- (2) 發表於 2012 年 5 月 11 日民生電子論壇(2012 CEF)智慧綠能研討會，論著名稱為【智慧型太陽光追蹤器應用於高效率太陽能發電系統】。
  - (3) 發表於 2012 年 5 月 25 日~26 日第十屆微電子技術發展與應用研討會，二篇論文分別為【Study of Ge/Pd/Ag Ohmic Contact on n-type GaAs】、【Electric characterizations of Pd/Ag/Au ohmic contact for n-type Si material】。
  - (4) 發表於 2012 年 10 月 26 日真空年會，五篇論文分別為【Influence of lattice stress on composition of AlInP grown by metalorganic vapor phase epitaxy】、【金銀系列金屬層在金屬鍵合技術之應用探討】、【三五族太陽電池抗反射鍍膜優化研究】、【聚光型太陽能電池模組能量轉換效率之影響因素特性研究】及【Cu<sub>2</sub>ZnSnSe<sub>4</sub> 薄膜之硒化製程研究】。
  - (5) 發表於 2012 年 11 月 9 日台灣鍍膜科技協會年會(TACT)，論著名稱為【光致鍍鎳(LINP)技術之鍍膜成果】。
  - (6) 發表於 2012 年 11 月 23 日~29 日材料年會，論著名稱為【單一相 Cu<sub>2</sub>ZnSnSe<sub>4</sub> 硒化薄膜之製備】。
  - (7) 發表於 2012 年 12 月 1 日中國化學年會，論著名稱為【電漿蝕刻法製備高效能矽晶太陽電池】。

#### 4. 與學界合作研究

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)

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

(四) 社會影響

- (1) 協助國內業者聚光型太陽電池、聚光模組、太陽光追蹤器、中央監控系統產品精進改良，輔助產品開發，提升品質及效能，以利拓展海外市場，加速產業發展，增加就業之機會。
- (2) 持續改良 HCPV 系統技術，減少二氧化碳排放，發揮節能減碳效益，並透過學界合作研發，發揮教學功能。
- (3) 建置 CPV 模組安規檢測技術，有助於提供國內聚光型太陽光電產業執行 CPV 模組完整(同時符合性能與安規)驗證測試。
- (4) 本計畫需求光電、材料、物理、資訊及機械等方面人才，推展促進了國內太陽電池技術的發展，並培育 21 位國防訓儲/替代役及 25 位專業

支援人力，達到培育太陽光電技術人才之目的；另外，有 10 位國防訓儲/研發替代役退役，以及 5 位專業支援人力離職後，投入國內光電相關產業界，貢獻所長，增加就業 15 人，提升國內產業競爭力。

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、績效指標項目初級產出、效益及重大突破

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
學術成就(科技基礎研究)	A 論文	論文(含 SCI 期刊、國際知名期刊或重要學術研討會發表)14 篇	SCI 期刊：發表 8 篇 國際研討會：10 篇 國內研討會：14 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。	
	B 研究團隊 養成	與國內學校合作建立 8 個研究團隊	與國內學校合作建立 10 個研究團隊 1. 與中原大學合作建立「III-V 多接面太陽電池內建電場的研究」研究團隊。 2. 與明新科大合作建立「影響聚光型太陽電池模組轉換效率因素研究」研究團隊。 3. 與成功大學合作建立「太陽影像智慧處理追蹤技術研發」研究團隊。 4. 與萬能科技大學合作建立「應用在 HCPV 系統之自動環路監控技術及降低 HCPV 佈建遮蔽效應研究」研究團隊。 5. 與屏東科技大學合作建立「聚光太陽電池模組溫度量測分析與預測技術建立」研究團隊。 6. 與臺東大學合作建立「台灣東部區域戶外 HCPV 太陽能發電模組效能實測分析研究」研究團隊。 7. 與台大材料系合作建立「高效率奈米結構量子點高分	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
			子太陽電池之研究」研究團隊。 8. 與中山大學合作建立「單一相CZTS薄膜的製備及其化學組成與微細結構之控制」研究團隊。 9. 與中原大學合作建立「CZTS薄膜太陽電池化學合成製程技術開發」研究團隊。 10. 與中原大學合作建立「新型冶金級矽太陽電池技術(PERL、SHJ-IBC)研究與開發」研究團隊。		
	C 博碩士培育	參與計畫執行之碩博士研究生 10 位	參與計畫之執行，共培育博士研究生 4 人，碩士研究生 7 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	25 篇	研究成果可提供後續參與人員的參考，及技術傳承。	
技術創新(科技整合創新)	G 專利	申請國內或國外之專利 14 件	專利獲得 19 件；另 28 件仍申請中。	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。	本計畫除獲得我國發明專利外，亦獲得美國、日本多件發明專利，對於台灣太陽光發電系統技術之國際專利布局有極大助益。
	H 技術報告	13 篇	15 篇	記載研發的歷程及標準作業程序，以利技術傳承；後續的研發可在既有的基礎上，繼續發揚光大。	
	I 技術活動	發表於國內或國外研討會 4 場次	發表於國內或國外研討會 13 場次	發表於主要之國際研討會如 International Conference on Concentrating Photovoltaic Systems (CPV-8), the 14th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCChE 101), the 2nd International Conference	

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
				on Engineering and Technology Innovation , International Electron Devices and Materials Symposium (IEDMS) , Optics & Photonics Taiwan, International Conference , 及國內研討會 , 如中華民國物理年會暨成果發表會、民生電子論壇-智慧綠能、第十屆微電子技術發展與應用研討會、真空年會、材料年會, 促進研發成果交流。	
	J 技術移轉	本段落屬機密性內容，故不公開			
	S 技術服務				
經濟效益 (產業經濟發展)	T 促成與學界或產業團體合作研究	促成與學界或產業團體合作研究 6 件	促成與學界或產業團體合作研究 12 件 1. 與學界合作研究 10 件 2. 與業界合作研究 2 件	藉由產學研合作, 培育太陽光電基礎人才。	
社會影響 民生發展	R 增加就業	4 人	9 人	降低失業率	

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

## 肆、主要成就及成果所產生之價值與貢獻度(outcomes)

### 一、學術成就(科技基礎研究) (權重 20%)

(一) 藉由論文發表於 SCI 期刊、國際研討會及國內研討會，進而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. 完成 SCI 期刊論文 8 篇

(1) 論著名稱為【Thin film solar cells fabricated using cross-shaped pattern epilayer lift-off technology for substrate recycling applications】。This study reports the use of cross-shaped pattern epitaxial lift-off (ELO) technology to release crack-free single crystal epilayers with a solar cell structure from a gallium arsenide (GaAs) substrate. A cross-shaped pattern array was used to define cell size and provide the etch path for the etchant solution. AlAs was used as a sacrificial layer and etched using a hydrofluoric acid etchant through the cross-shaped hole. Results indicate that the entire wafer can be etched simultaneously. The desired carrier, i.e., the electroplate nickel substrate, can directly contact the epilayer without wax or low-viscosity epoxy, and can also be applied to an external force through magnetic attraction to decrease the release time. After the cross-shaped pattern ELO process, the separated GaAs substrate can be recycled through chemical cleaning. The performance of solar cells grown on new and recycled GaAs substrates remained above 90% of the initial performance when the substrate was recycled less than three times.(IEEE Transactions on Electron Devices, 2012, 59(3), pp. 666~672)

(2) 論著名稱為【Transmissive Color Filtering Using Plasmonic Multilayer Structure】。A transmission type plasmonic multilayer filter is theoretically investigated using three-dimensional rigorous coupled wave analysis (RCWA) method. The design rule of the resonance properties associated with the weakly localized surface plasmon modes in metal/insulator/metal waveguide arrays is discussed. The optical performances with respect to the geometrical parameters of the plasmonic structure are evaluated. Through manipulating the geometric parameters of the metal/insulator/metal waveguide, the optical properties of the filter can be engineered. (Optical Engineering, 2012, 51(4), pp. 04001-1~04001-5)

(3) 論著名稱為【Dependence of Biasing Voltage and Illumination Power on the Built-in Electric Field of InGaP Solar Cells】。The electroreflectance spectra of InGaP solar cells at various biasing voltages and illumination levels were studied. The Franz-Keldysh oscillations were observed and the electric field at the junction of solar cells can be extracted. The measured electric field decreases with increasing biasing voltage and illumination

level. The theoretical electric fields as a function of the biasing voltage and the photocurrent are calculated on the basis of the depletion approximation in the junction theory and the photovoltaic effect, respectively. (Japanese Journal of Applied Physics, 2012, 51, pp. 072301-1~072301-4)

- (4) 論著名稱為【 Nanoparticle-Tuned Self-Organization of a Bulk Heterojunction Hybrid Solar Cell with Enhanced Performance】。 We demonstrate here that the nanostructure of poly(3-hexylthiophene) and [6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester (P3HT/PCBM) bulk heterojunction (BHJ) can be tuned by inorganic nanoparticles (INPs) for enhanced solar cell performance. The self-organized nanostructural evolution of P3HT/PCBM/INPs thin films was investigated by using simultaneous grazing-incidence small-angle X-ray scattering (GISAXS) and grazing-incidence wide-angle X-ray scattering (GIWAXS) technique. Including INPs into P3HT/PCBM leads to (1) diffusion of PCBM molecules into aggregated PCBM clusters and (2) formation of interpenetrating networks that contain INPs which interact with amorphous P3HT polymer chains that are intercalated with PCBM molecules. Both of the nanostructures provide efficient pathways for free electron transport. The distinctive INP-tuned nanostructures are thermally stable and exhibit significantly enhanced electron mobility, external quantum efficiency, and photovoltaic device performance. These gains over conventional P3HT/PCBM directly result from newly demonstrated nanostructure. This work provides an attractive strategy for manipulating the phase-separated BHJ layers and also increases insight into nanostructural evolution when INPs are incorporated into BHJs. (ACS Nano, 2012, 6 (2), pp. 1657–1666)
- (5) 論著名稱為【 Diketopyrrolopyrrole-based Oligomer Modified TiO<sub>2</sub> Nanorods for Air-stable and All Solution Processed Poly(3-hexylthiophene) TiO<sub>2</sub> bulk heterojunction inverted solar cell】。 TiO<sub>2</sub> nanorods modified by diketopyrrolopyrrole-based oligomer were employed in air-stable and all solution processed poly(3-hexyl thiophene):titanium dioxide nanorods (P3HT:TiO<sub>2</sub> nanorods) bulk heterojunction (BHJ) inverted solar cells in the present work. The oligomer (copolymerize 4,5-diaza-9,9'-spirobifluorene with diketopyrrolopyrrole (PZFDPP)) was synthesized by Stille coupling reaction. The PZFDPP was coated on TiO<sub>2</sub> nanorods by refluxed the TiO<sub>2</sub> nanorods in oligomer containing solution at low temperature (70°C). A concentration gradient profile of polymer/nanocrystals (P3HT/TiO<sub>2</sub> nanorods) BHJ is observed for the first time by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) technique together with in-situ ion sputtering, showing that TiO<sub>2</sub>-rich region and P3HT rich region are aggregated adjacent to electron transport layer (ETL) and hole transport layer (HTL) respectively. The obtained depth profile indicates the inverted device structure is more suitable for polymer/inorganic nanocrystals BHJ solar cell. Furthermore, instead of using energy consuming process for the ETL layer deposition,

the PZFDPP modified TiO<sub>2</sub> nanorods were also used to deposit the ETL layer by spin coating. The surface features and properties of deposited TiO<sub>2</sub> ETL coated by PZFDPP were systematically investigated. The developed photovoltaic device shows promising power conversion efficiency (PCE) of 1.2% benefited from improved electron mobility in P3HT:TiO<sub>2</sub> BHJ film and across the ETL/active layer interfaces by the oligomer modification. Moreover, the device is extremely stable stored in air without encapsulation (less than 10% loss over 1000 hrs test). The results of this work demonstrate the successful development of high efficient and air-stable polymer/inorganic nanocrystal hybrid BHJ inverted solar cells based on chemically modified nanocrystals which significantly extend the current knowledge of device fabrication.( J. Mater. Chem., 2012, 22, pp. 10589-10596)

- (6) 論著名稱為【Small and Wide angle X-ray Scattering Characterization of Bulk Heterojunction Polymer Solar Cells with Different Fullerene Derivatives】。The aim of this study is to quantitatively investigate the effect of different fullerene type (PC60BM and PC70BM) on various morphological structures and power conversion efficiency (PCE) in the bulk heterojunction (BHJ) P3HT/PC<sub>x</sub>BM solar cells without thermal annealing using simultaneously grazing-incidence small- and wide- angle X-ray scattering technique. Two kinds of nanostructures: PC<sub>x</sub>BM molecules dispersed in P3HT crystalline domain and PC<sub>x</sub>BM cluster domain are formed in the BHJ films. The domain space of P3HT lamella crystals in P3HT/PC70BM is larger than that in P3HT/PC60BM which indicates more interface areas are generated between PC70BM and P3HT for more efficient charge separation and higher PCE (3.2% vs. 2.7%). The size, volume fraction and spatial distribution of PC60BM clusters are larger than that of PC70BM clusters which reveal the attachment between PC60BM clusters is larger for more efficient electron transport. The correlation between nanostructures and PCE indicates that the P3HT crystallites play more important role in the PCE performance of BHJ solar cell without thermal annealing. The results of this study pave a way to reach high efficiency solar cell without costly fabrication process and use of flexible plastic substrate.( Journal of Physical Chemistry C, 2012, 116(18), pp. 10238-10244)
- (7) 論著名稱為【Self-Vertical Phase Separation Study of Nanoparticle/Polymer Solar Cells by Introducing Fluoro-Containing Additives】。A new approach to induce self-vertical phase separation of nanoparticle/polymer hybrid solar cells is reported by introducing fluorinated small molecules into the active layer. The formation of a vertically gradient structure improves not only polymer organization but also charge transport efficiency, thus increasing the photovoltaic cell performance by a factor of 5. (Chem. Commun. 2012, 48, pp. 7250-7252)

(8) 論著名稱為【An Investigation of the Mechanisms of Light Induced Nickel Plating on P-type Silicon Substrates】。In the process of silicon solar cell production, the fabrication of plated Ni/Cu contacts is regarded as the next generation of metallization processes and has the potential to replace the screen-printing technology. In this paper, we discuss the mechanisms of Light Induced Nickel Plating (LNP) on semiconductors, which can be applied for Ni/Cu metallization. Our experiments show that when a p-type silicon substrate, with or without an  $n^+$  emitter structure, which has been previously subjected to aluminum metallization on the back, is immersed in a plating bath, metal ions are reduced on the front surface of the semiconductor as soon as illumination starts. The results demonstrate that the mechanisms of light induced nickel plating are not entirely due to the potential difference induced inside the n/p junction of the semiconductors, as stated by other authors. The main deposition principle may be related to the potential differences separately induced on the metal/solution interface as well as on the semiconductor/solution interface under thermal equilibrium. To the best of our knowledge this has not yet been mentioned in the literature related to plating. This study discusses the techniques and methods developed to overcome the current shortcomings with electroless plating and electroplating in the solar cell process. Furthermore, the nickel films formed by LNP in a fast and simple process, were analyzed using SEM and XPS and shown to display uniform metal surfaces and high intrinsic quality. (International Journal of Electrochemical Science, 2012, 7, pp. 10711-10721)

## 2. 完成國際會議論文 10 篇

- (1) 發表於 2012 年 2 月 21 日~24 日第 14 屆 Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress，論著名稱為【Multi-junction Solar Cells with Different Deposited Thin Films for Photoelectrochemical Water Splitting Reactions】。MJSC was introduced into the photoelectrochemical system for the water-splitting reaction. The photoelectrochemical system is an H-type reactor comprised of the lightresponse materials(MJSC) and a nafion membrane. Since the structure of MJSC was consisted of three n-on-p junctions, the cathode (top cell side) would generate hydrogen while the anode (bottom cell side) would generate oxygen theoretically. By using the H-type reactor, hydrogen and oxygen could be evolved separately while the MJSC were irradiated with light. However, the corrosion phenomenon of the bottom cell was observed when the MJSC were utilized for photoreaction. Different kinds of materials were deposited on the bottom cell to prevent corrosion. These materials include silver, platinum, and iron oxide layers which were prepared via an electron beam-induced deposition (EBID) method. The iron oxide ( $Fe_3O_4$ ) layer was studied by X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscope-energy dispersive spectrometry (SEM-EDS) to reveal the crystallinity of magnetite, surface

morphology, and chemical composition. Under visible-light irradiation (400~700nm with cutoff filters), hydrogen production was achieved by using the multi-junction solar cells. All photoelectrode could generate hydrogen, but they only evolved few amount of oxygen. The hole may oxidize the photoelectrode instead of water, meaning that thin film or Ge would be oxidized during the reaction. The rank in hydrogen evolution for the thin films is: Pt > bare Ge > Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> > Ag. The photoelectrode deposited with metal thin film shows better activity due to its higher conductivity. In other words, the oxide layer would decrease the activity of photoreaction. However, silver thin film shows the worst performance resulting from the side reaction. Silver oxide would catch the electrons, lowering the amount of electrons for water reduction.

- (2) 發表於 2012 年 4 月 16 日~18 日第 8 屆 International Conference on Concentrating Photovoltaic Systems，三篇論文分別為：
- a. 論著名稱為【Large Dimension Transfer of GaAs Solar Cell onto Molybdenum and Silicon Substrates】。An effective way to reduce the cell cost is to reuse the original substrate of the cell by epitaxial lift-off (ELO) technique. An ELO method involving flexible plastic carrier and external mechanical force has been reported to speed up the ELO process. In this study, we present another kind of ELO approach that can transfer GaAs-based thin-film cell structures onto highly thermal conductive and rigid carriers such as molybdenum (Mo) and Si without the use of external mechanical force.
  - b. 論著名稱為【Current Mismatch Effect on High Concentration Photovoltaic When in Series Connection】。In this research, we focused on the current mismatch effect on the series connected solar cells and each cell was in parallel connection with bypass diode respectively. From the theoretical calculation and experimental result, the current mismatch effect could cause extra output power loss on the high concentration photovoltaic (HCPV) module. The degree of the extra output power loss on the module would depend on the photocurrent decrease of the solar cell which had a minimum  $I_m$  (particular operating current of solar cell when it has maximum output power “ $P_m$ ”). We used pulse and flash type solar module simulator which were equipped with xenon lamp as light source to measure our HCPV module for observing the current mismatch effect when 40 solar cells are in series connection. One of the lenses on the module was shadowed by different size cover and the result would be seen that when 1/36 aperture area of the single lens was shaded, the output characteristics of the shadowed solar cell was  $35/36I_{m1} * V_{m1}$ . As for the module, total output power was not  $35/36I_{m1} * V_{m1} + I_{m1} * (\text{the rest of the other } V_m \text{ summation which was remarked } V_{m39})$ , but was  $35/36I_{m1} * (\text{the all } V_m \text{ summation})$ . There was an extra output power loss “ $1/36I_{m1} * V_{m39}$ ”. Finally, we would know how to optimize the output power of the HCPV module by

sorting and matching the particular operating current of the solar cells and show the statistics of the experiment.

- c. 論著名稱為【Durability of Silicone Encapsulation Materials for Concentration Solar Receivers】。This paper mainly discusses the durability of silicone materials for concentration solar receivers. The INER designed solar receiver uses two kinds of encapsulation materials. The surface of solar cell was coated with highly transparent silicone materials which protect the solar cell from moisture and contamination, and the other parts of the receiver was coated with insulation silicone materials to increase electrical insulation. INER in Taiwan had established one MW HCPV demonstration system in 2009. After 18months operation, it has been observed that these encapsulation materials suffered from hazing. We used the Scanning Electron Microscope (SEM) to observe the surface morphology of the two encapsulation materials, and they show obvious difference after field operation. We also do the Differential Scanning Calorimetry(DSC) analysis to investigate the degree of crystallinity variation of coated materials.
- (3)發表於 2012 年 9 月 17 日~21 日第 8 屆 Organic Solar Cell Symposium and Global School for Advanced Studies (GSAS)，三篇論文分別為：
- a. 論著名稱為【ITO-free polymer solar cell based on Ag grid /PEDOT:PSS hybrid】。Indium-tin oxide (ITO) transparent electrode is one of the main cost consuming element in present organic solar cells. Thus, there is strong demand for developing low-cost and solution-processable alternative transparent electrodes that have the potential for successful commercialisation of organic solar cells. In this work, solution processed hybrid transparent electrodes based on high conductive poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS) in combination with printed current collecting silver grid have been investigated. The sheet resistance of inkjet printed silver grid is 1~3  $\Omega/\text{sq}$  due to different thickness. In this study, different surface coverage are also tuned from 1.25% to 10%. The sheet resistance of high conductive PEDOT:PSS in combination with 10% surface coverage silver grid is greatly improved from ~100  $\Omega/\text{sq}$  to ~20  $\Omega/\text{sq}$ . By optimizing the width and pitch size of silver grid lines, the power conversion efficiency (PCE) of devices based on the hybrid transparent electrode with active area 0.3  $\text{cm}^2$  is comparable to similar devices based on ITO. As the active area increases to 4  $\text{cm}^2$  (2x2  $\text{cm}^2$ ), the hybrid electrode based devices show even better performance than ITO based devices. We also show that the enlargement of devices with optimized silver grid is possible without substantial loss of device performance. In our experiment, as the active area is enlarged by a factor of 26.6 (0.3  $\text{cm}^2$  to 8  $\text{cm}^2$ ), only ~10% loss of PCE for the device based on hybrid transparent electrode (from 2.8 % to 2.5 %). Since the fabrication of the hybrid transparent electrode is solution processed and

vacuum free, this work contributes toward low cost roll-to-roll manufacturing in organic solar cells.

- b. 論著名稱為【Ultrasonic spray-coating of polymer solar cells】。In this study, we report on a fabrication of efficient polymer solar cells (PSCs) via ultrasonic spray coating as a promising method for low cost and large area production. With optimized ink formulations, we are able to deposit films of poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS) with a thickness in the range of 30-50 nm as well as films composed of a mixture of poly(3-hexyl thiophene) (P3HT) and the [6,6]-phenylC61-butyric acid methyl ester (PCBM) with a thicknesses in the range 250–300nm. The resulting devices at an effective photocurrent generated area of  $0.3\text{cm}^2$  were measured under AM1.5G conditions and power conversion efficiency (PCE) of 3.36% were obtained by optimizing the parameters of the spray system (i.e. film thickness, spray time, distance between sample and nozzle, substrate temperature, etc.). Furthermore, scale-up is an essential requirement for commercialization in the future, the module consists of 3 individual cells of  $5\text{cm}^2$  is designed in series. Even with larger photocurrent area of  $15\text{cm}^2$ , the performance is acceptable with a power conversion efficiency of 2.86%. Besides, a preliminary result is also achieved by use of a flexible polyethylene naphthalate (PEN) substrate. The PCE of the flexible PSC of 2.98% with a photocurrent area of  $0.3\text{cm}^2$  is achieved.
- c. 論著名稱為【Performance and Stability of Inverted Polymer Solar Cells Using Spray Process】。As the rapid power conversion efficiency (PCE) improvement (~11%), the polymer solar cell (PSC) has great potential to commercialize in the near future. Therefore, in-line compatible deposition methods are essential to facilitate the mass production; spray process is one of the processes which are suitable for large-area devices fabrication. Inverted PSC are receiving increasing attention because of their air-stability. In this study, we investigated the performance and stability of the inverted PSCs fabricated by spray process. The sol-gel ZnO film was used as an electron transport layer, and the blend of poly(3-hexylthiophene) and [6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester (P3HT/PCBM) was used as the photoactive layer of the solar cell. The spray factors of ZnO film, such as flow flux, flow rate and film thickness, were critical for optimizing the power conversion efficiency (PCE) of inverted PSCs. The optimal PCE of 3.22% was achieved. Furthermore, the ZnO film morphology formed by various spray factors was also demonstrated by atomic force microscopy (AFM). In addition, the air-stability of sprayed inverted PSCs with different devices structure was also investigated. The sprayed inverted PSC with a metal oxide layer as a buffer layer above active layer showed the best air-stability. This result showed that the metal oxide buffer layer plays a key role in improving air-stability of sprayed inverted PSCs.

- (4)發表於 2012 年 11 月 2 日~6 日第 2 屆 International Conference on Engineering and Technology Innovation，論著名稱為【Degradation mechanism of III-V triple junction solar cells analyzed using step stress tests】。We analyzed the degradation mechanism of GaInP/GaInAs/Ge triple junction solar cells without coating any protective film. Gradual degradation in the dark and light I-V characteristics of the solar cells were observed after the step stress accelerated degradation tests (SSADT) were conducted on these devices sequentially at 90°C, 110°C, 130°C and 150°C.
- (5)發表於 2012 年 11 月 29 日~30 日 International Electron Devices and Materials Symposium，論著名稱為【Fabrication of CZTS thin films by AP-MOCVD】。For the first time, atmospheric pressure metal-organic chemical vapor deposition is used to deposit  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  (CZTS) thin films on silicon substrates. The film structure is analyzed using the X-ray diffraction spectra of CZTS and the Raman spectrum. Moreover, the surface morphology and the grain size of CZTS are characterized by scanning electron microscope (SEM) images. So that we can know the data of CZTS thin film, and is success to build up at the first step.
- (6)發表於 2012 年 12 月 6 日~8 日 Optics & Photonics Taiwan, International Conference，論著名稱為【Fabrication and Characterization of CZTS thin films by Sol-gel Method】。  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  (CZTS) thin films were prepared by sulfurizing precursors deposited by the sol-gel method. Copper (II) acetate monohydrate, zinc (II) acetate dihydrate and tin (II) chloride dihydrate were used as the starting materials of the sol-gel method, and 2-methoxyethanol and monoethanolamine were used as the solvent and the stabilizer, respectively. The solution was spin-coated on Mo coated soda lime glass (SLG) substrates and dried at 120°C. The coated SLG substrates were sulfurized by annealing at 575 °C in CVD chamber with hydrogen sulfide-containing atmosphere. The annealed thin films showed X-ray diffraction peaks attributed to the single phase CZTS. Although the Energy Dispersive Spectrometer (EDS) analysis showed that the chemical composition of the films was still not stoichiometric, but it still showed energy band gap of 1.4 eV measured by room temperature photoluminescence spectrum.

### 3. 完成國內會議論文 14 篇

- (1)發表於 2012 年 1 月 17 日~19 日中華民國物理年會暨成果發表會，三篇論文分別為：
  - a. 論著名稱為【不同圓形金屬前電極對高聚光型 III-V 族太陽能電池之電性研究】。本研究探討金屬前電極在高聚光倍率下太陽能電池效率的影響，本實驗分別製作四種不同寬度的圓型金屬電極，進行戶外的實際量測，我們可以得到在聚光倍率 200 倍下，使用金屬遮蔽率 3.75% 的圓型電極，其轉換效率達 30.48%，並分析太陽能參數短路電流、開路電

壓、填充因子在不同聚光倍率下的影響，短路電流隨著聚光倍率增加而提高，開路電壓則會因聚光倍率強度增強，受到溫度效應影響，利用填充因子衰減判斷串聯電阻的大小影響效率的降低。

- b. 論著名稱為【應用於聚光型太陽能電池封裝之矽膠材料老化性質之研究】。目前國內常用的透明封裝材料主要可以分為環氧樹脂(Epoxy)系統、矽樹脂(Silicone)系統、壓克力樹脂(Acrylate)、聚碳酸甲酯樹脂(PC)等，而傳統 LED 之封裝多以成本較低廉之環氧樹脂(Epoxy)為主。鑑於國內對於高功率發光二極體以及聚光型太陽能電池系統之迅速發展，矽膠封裝材料較環氧樹脂優良之耐熱性、耐光性、耐濕性、絕緣性等，使其研究有一定之重要性。一般太陽能電池主要使用的封裝材料有環氧樹脂、有機矽樹脂、EVA 膠膜等，且封裝材料之特性對於太陽能電池組件之性能、使用壽命也有相當重要之影響。當工作溫度過高時，封裝材料之高分子易斷鏈產生自由基，使其發生劣化而產生黃變現象。此外，短波長光(如藍光、紫外光)等能量較強，容易破壞封裝材料之特性，如環氧樹脂受到 UV 光之長期照射之下，其結構在含氧之環境下很容易斷鏈劣化，產生發色機團導致封裝材料之黃變。而對於有機封裝材料而言，常見之化學鍵結如：C-C、C=C、C-H 鍵等，在短波長光曝照下皆會斷鏈產生自由基，攻擊樹脂結構產生黃變劣化。環氧樹脂封裝太陽能電池組件加工方法簡單、料成本低廉，在小型模組上使用較多，但其抗熱氧老化、紫外光老化性能較差，並不適用於聚光型太陽能電池之封裝。EVA 膠膜長時間受紫外光和熱的影響，易龜裂、變色，易從玻璃等構裝組件脫落，從而大幅降低太陽能電池之轉換效率，目前可通過改質改善這些缺點。本研究對聚光型太陽能電池、高功率 LED 元件較適合之封裝材料—矽膠作討論，雖然矽膠系列封裝材料許多特性都較環氧樹脂來得優秀，但長時間老化下之材料穩定性與可靠度才為本研究著重之處。我們以高溫度、高濕度、UV 光照度、時間為老化試驗之變因參數，並利用示差掃描量熱法(DSC)、傅立葉紅外線光譜儀(FTIR)、掃描式電子顯微鏡(SEM)等技術對矽膠封裝材料作熱分析、分子結構(官能基)測定、以及表面形態的觀察。
- c. 論著名稱為【氧化鋁與氮化鋁基板在聚光型太陽模組特性之比較】。聚光型太陽能發電系統不同於傳統平板式之構造，主要為導入光學聚光模組以提升其輸出功率。然在聚光條件下，元件的溫度會快速的上升；換言之，隨著元件溫度的升高，其光電轉換之效能亦會隨之下降。本研究中先分別量測氧化鋁與氮化鋁基板之熱阻值，並將氧化鋁接收器利用室內太陽模擬光源在不同照度下(500、600、700 及 800 W/m<sup>2</sup>)進行量測，最後於太陽接收器中埋入直徑 50μm 的熱電偶於太陽能電池中來直接驗證太陽能電池的工作溫度。
- (2) 發表於 2012 年 5 月 11 日民生電子論壇(2012 CEF)智慧綠能研討會，論

著名稱為【智慧型太陽光追蹤器應用於高效率太陽能發電系統】。高效率太陽能發電技術，為太陽能發電的未來發展趨勢。其中以砷化鎵(GaAs)為材料的聚光型太陽電池最被重視，它的最高光電轉換效率已達到43.5%，是晶矽電池效率的兩倍以上。在高效率、低成本及高日照環境下，太陽能發電系統中最具有競爭優勢為聚光型太陽能發電系統。太陽光追蹤器是聚光型太陽能發電系統中最重要之子系統之一，本文提出智慧型太陽光追蹤器設計，應用於聚光型太陽能發電系統，能達到其最高效能，文中將說明智慧型太陽光追蹤器的設計，在追蹤精度及發電效能均優於傳統的太陽光追蹤器，而發揮最高發電效能。

- (3) 發表於2012年5月25日~26日第十屆微電子技術發展與應用研討會，二篇論文分別為：
- a. 論著名稱為【Study of Ge/Pd/Ag Ohmic Contact on n-type GaAs】。In this report, the metallurgical structure of Ge/Pd/Ag is adopted to study the formation of ohmic contact on n-type GaAs material. By changing the thickness of Ge as well as Pd, and the annealing conditions, the best condition for having an ohmic contact with the lowest specific contact resistivity ( $\rho_c$ ) is investigated via the use of transmission line method (TLM). Experimental results show that the ratio of Pd/Ge plays an important role in determining the ohmic contact formation in the metallurgical structure of Ge/Pd/Ag such that insufficient Pd metal thickness always result in Schottky contact or fair ohmic contact with an annealing temperature much higher than that having sufficient Pd metal thickness. The details of the experimental results will be described and possible applications for solar cells discussed in this report.
  - b. 論著名稱為【Electric characterizations of Pd/Ag/Au ohmic contact for n-type Si material】。The multi-layered Pd/Ag/Au metal structures with various Pd contents are investigated through the TLM method to study the feasibility of forming an ohmic contact for n-Si material. Experimental results indicate that the annealing temperature for obtaining the lowest specific contact resistivity ( $\rho_c$ ) is decreased from 450°C to 375°C with increasing Pd layer thickness from 25nm to 50nm. Once the Pd layer is increased to 100nm, the best annealing temperature is increased from 375°C to 425°C. Additionally, an optimum metallurgical structure of Pd(50 nm)/Ag(300 nm)/Au(30 nm) with a considerably low  $\rho_c \sim 2.7 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}^2$  can be obtained after annealing at 375 °C for 2 min. Furthermore, the details of the experiments will be outlined and possible application for III-V solar cells discussed in this report.
- (4) 發表於2012年10月26日真空年會，五篇論文分別為：
- a. 論著名稱為【Influence of lattice stress on composition of AlInP grown by metalorganic vapor phase epitaxy】。We report on the effect of lattice stress on the composition of AlInP grown on GaAs by low-pressure metalorganic

vapor phase epitaxy (MOVPE). Two types of lattice stress are discussed, including compressive and tensile stresses, which originated from intentional growth of In-rich and Al-rich AlInP films on GaAs substrates. High resolution X-ray diffraction (HRXRD) measurement showed that either an In-rich or an Al-rich AlInP single epilayer exhibited double-peak diffraction, revealing composition separation phenomenon in the grown film. The origin of the composition separation might relate to strain-induced composition pulling effect. Despite the small amount of the composition separation, the pulling effect was identified in the AlInP/GaAs material system.

- b. 論著名稱為【金銀系列金屬層在金屬鍵合技術之應用探討】。金屬鍵合技術是指利用純金屬或合金，將兩個特性相異的晶片在高溫高壓下進行鍵合。在鍵合的過程中，靠金屬熔融、金屬與晶片表面互相擴散，達到金屬鍵合的目的。一個良好的金屬鍵合層應該達到幾個要求:(1)鍵合的金屬薄膜層表面應該要平整光滑，否則會造成鍵合後的特性損壞;(2)鍵合的金屬薄膜層必須能夠抗酸，因為金屬鍵合通常應用在基板剝離技術，而基板剝離的過程中，需要利用不同的酸溶液針對晶片上的不同的半導體層進行蝕刻以達到定義元件的圖形(pattern)。在本篇研究中，主要針對磊晶基板(GaAs)與載基板(矽)接合相位的不同進行探討。
- c. 論著名稱為【三五族太陽電池抗反射鍍膜優化研究】。本研究針對 $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  雙層抗反射鍍膜研究不同厚度及材料之設計、製作及其對 InGaP/InGaAs/Ge 三界面太陽電池特性之影響，經軟體優化得到具最佳抗反射成效之膜層設計，並製鍍於 InGaP/InGaAs/Ge 三界面太陽電池上，結果顯示經過優化之  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$  及  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  雙層抗反射膜對於 InGaP/InGaAs/Ge 三界面太陽電池之短路電流及發電效率皆有顯著提升，其中  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$  雙層抗反射鍍膜對太陽電池短路電流的改進平均可達 32.2%、發電效率增進達 27.3%。
- d. 論著名稱為【聚光型太陽能電池模組能量轉換效率之影響因素特性研究】。高聚光型太陽光電發電系統(HCPV system)是由化合物太陽能電池、高聚光菲涅爾透鏡以及太陽光追蹤器等所組成的，因特殊結構性的設計以及日照時間長，能量轉換效率可達 30%~40%。但是在嚴峻的環境下使用，材料的可靠性成為相當關注的焦點。本研究主要在於探討矽膠有機樹脂封裝材料對於聚光型太陽能電池元件特性與壽命之影響。一般聚光型太陽能電池元件、模組及其系統是處於高工作溫度、高濕度的戶外環境，其組成材料的耐候性以及使用壽命成為重要的參考指標。封裝材料是其中極為重要的材料之一，而封裝材料之需具備高附著性、高耐溫性。當封裝材料的劣化而產生黃變化現象，會促使太陽能電池元件的光電能量轉換效率降低。相較於環氧樹脂，矽膠有機樹脂具有良好的光、熱、機械、電等物理性質，並具有抗紫外光線、抗黃變化效應以及承受較寬的使用溫度範圍等特點。本研究將以有機

- 矽樹脂作為聚光型太陽能電池的封裝膠質材料，並探討紫外光、濕氣及高溫對封裝膠材劣化的基本機制，以尋找最佳化有機矽樹脂封裝膠質材料與封裝製程參數條件，降低矽膠封裝膠材之劣化現象，進而提升聚光型太陽能電池之壽命與光電能量轉換效率。
- e. 論著名稱為【 $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$  薄膜之硒化製程研究】。本研究利用濺鍍元素疊層加上真空硒化法二階段製程製作  $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (CZTSe) 薄膜，使用元素疊層作為前驅層，其疊層順序(stacking priority)Sub/Zn/Sn/Cu/Se，固定原子百分比之比例  $\text{Cu}/(\text{Zn}+\text{Sn})=0.8、1.2$ 。
- (5) 發表於 2012 年 11 月 9 日台灣鍍膜科技協會年會(TACT)，論著名稱為【光致鍍鎳(LINP)技術之鍍膜成果】。矽晶太陽電池元件之製程中，鎳/銅電極被視為是即將取代目前網板印刷銀鋁漿電極之下一代電極製程。這幾年有許多關於鎳/銅電極技術之研究報告被發表，同時也有少數廠商已經將鎳/銅電極導入製程產線。這些研究以及導入產線化之廠商所使用之鎳/銅電極形成方式幾乎為無極電鍍鎳結合電鍍銅技術，此二技術中，關鍵技術主要在鎳之析鍍。本文中將提出一種應用於半導體上之新型鍍鎳技術－光致鍍鎳 (Light-Induced Nickel-Plating, LINP)，包含矽晶太陽電池以及 p-型矽基板上。本技術使用一背面預先形成金屬電極之半導體基板，當此元件浸置入鍍鎳溶液中時，金屬或半導體與電解液間會產生界面電位差，加上半導體照光後產生電子電洞對之特性，其電子電洞因電位差之驅使而向兩端點移動，當此總電位差達到鎳的析鍍反應時，鎳金屬薄膜即可於陰極表面被還原析鍍。在本論文中將揭示此法鍍鎳層以及經過燒結後之鎳矽化物之 SEM 圖。此技術之導入將可解決無極電鍍鎳與電鍍鎳之缺點，同時具有鍍率快、鍍層品質高、製程簡單之優點。
- (6) 發表於 2012 年 11 月 23 日~29 日材料年會，論著名稱為【單一相  $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$  硒化薄膜之製備】。我們採用 Sub/Zn/Sn/Cu/Se 元素疊層作為前驅物，於硒氣氛下將基板升溫至  $550\text{ }^\circ\text{C}$  持溫 30 分鐘進行硒化，已成功鍍製單一相  $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (以下簡稱 CZTSe) 薄膜。在設定比例  $\text{Cu}/(\text{Zn}+\text{Sn})=0.85\sim 0.9$ 、 $\text{Zn}/\text{Sn}=1.2$  以及  $\text{Cu}/(\text{Zn}+\text{Sn})=0.8$ 、 $\text{Zn}/\text{Sn}=1.3\sim 1.5$  下可以得到單一相 CZTSe 薄膜，在 X 光繞射圖下顯現三支 CZTSe 繞射峰，分別為  $27.15^\circ(112)$ 、 $45.15^\circ(204)$ 、 $53.55^\circ(312)$ ；拉曼光譜圖的拉曼位移(Raman shift)顯現出 CZTSe 的 A1 mode 的信號會隨著  $\text{Cu}/(\text{Zn}+\text{Sn})$  減少而上升；光性及電性方面，其能隙值介於  $0.8\text{eV}\sim 1.03\text{eV}$  間，電阻率介於  $0.02\sim 0.06\Omega\text{-cm}$ ，導電型態為 P 型，適合作為薄膜太陽能電池的主吸收層。
- (7) 發表於 2012 年 12 月 1 日中國化學年會，論著名稱為【電漿蝕刻法製備高效能矽晶太陽電池】。主要是探討單晶矽表面電漿蝕刻結構化技術研究。藉由矽晶片的表面結構化來作為降低矽晶片反射率，進而提升

太陽能電池的效率。本研究中，我們使用電漿乾式蝕刻來取代傳統的化學性濕式蝕刻法。在電漿電漿乾式蝕刻試驗中，我們將矽晶裸片的反射率由 30~40% 降至最低可達 10% 以下。

- (二) 透過與學界合作分別進行 III-V 多接面太陽電池內建電場的研究、影響聚光型太陽電池模組轉換效率因素研究、太陽影像智慧處理追蹤技術研發、應用在 HCPV 系統之自動環路監控技術及降低 HCPV 佈建遮蔽效應研究、聚光太陽電池模組溫度量測分析與預測技術建立、台灣東部區域戶外 HCPV 太陽能發電模組效能實測分析研究、高效率奈米結構量子點高分子太陽電池之研究、新型冶金級矽太陽電池技術(PERL、SHJ-IBC)研究與開發、單一相 CZTS 薄膜的製備及其化學組成與微細結構之控制及 CZTS 薄膜太陽電池化學合成製程技術開發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 4 人，碩士研究生 7 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) (權重 30%)

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

及化學氣相沉積設備方法，將可使本發明在具有高磊晶成長率及高結晶品質之同時，亦能有效降低設備建立之成本，並且簡化製程。(美

本段落屬機密性內容，故不公開

各自電極。由於該低能隙能的材料因為能帶低，因此當光子照射該材料時，會容易產生多重激發的現象以產生複數個電子/電洞對。另

本段落屬機密性內容，故不公開

面部上之黏著層；一層疊於黏著層上之緩衝層；一層疊於緩衝層一

本段落屬機密性內容，故不公開

材料製作。(美國發明申請編號 13/400,731)

本段落屬機密性內容，故不公開

國發明申請編號 101119227；美國發明申請編號 13/604,488)

本段落屬機密性內容，故不公開

日的方法，進行判斷太陽光照度及太陽位置作為追蹤基準，可以不需編碼器及照度計，降低成本，同時又有高追蹤精度。(中華民國發

本段落屬機密性內容，故不公開

體(PCBM 或奈米粒子)材料的塊材異質接面(BHJ)奈米結構。一般而

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

化學溶液之鍍鎳製程中，本專利有別於電鍍(electroplating)及無極電鍍(electrolessplating)之兩種傳統方式，提出一集合兩者優勢之新式鍍鎳技術。方式為先於以上所提二基板之半導體 p-型端蒸鍍一層鋁背電極並燒結，再浸置於調製好之電鍍鎳溶液中，當一強光源照射至欲析鍍半導體表面時，其析鍍反應即開始進行。本發明主要之目的是應用於太陽電池及其他光電元件，作為接觸金屬或與半導體中間之緩衝層，同時降低接觸電阻以及避免之後電鍍電極之雜質元素擴散，以提升太陽電池之光電轉換效率。(中華民國發明申請編號 101130555；美國發明申請編號 13/659018)

- (40) 【漂浮於水面上追蹤太陽光伏發電系統】本發明主要的內容為一種能漂浮於水面上追蹤太陽光伏發電系統，尤指一種能漂浮於水面之機構，可隨太陽能板與其他負載物等重量的大小，調整漂浮機構內部壓艙水水位的高低，進而利用主體機構之浮力，及能配合所放置環境之水位深淺，自動調整其系統的高程。本發明所敘述之浮動於水面上追蹤太陽光伏發電系統，其獨特之處係完全利用該系統所放置環境的水源，來注入本系統漂浮機構所需之壓艙水，完全善加利用在地環境資源。系統可用多個系統串、並聯等方式無限擴展，進一步形成大型漂浮於水面上追蹤太陽光伏發電廠。(中華民國發明申請編號 101127074；美國發明申請編號 13/567,368)
- (41) 【一種新結晶矽太陽電池製程方法】本發明主要為提出一種新結晶矽太陽電池製程方法，本發明能完全適用於 p 型及 n 型結晶矽太陽電池製程。主要技術內容：(1)利用電漿設備方法，能獲得結晶矽晶片單一面粗糙化。(2)利用  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜之阻隔磷擴散，獲得結晶矽晶片單一面磷擴散 n-射極製程。(3)進行選擇性  $\text{n}^+$ -射極製程，無需再另外提供任何形態之二次磷擴散  $\text{n}^+$ -射極用磷原子源。直接利用第一次磷擴散 n-射極製程中，於 p 型結晶矽晶片第一次磷擴散 n-射極表面生成之磷矽玻璃(Phosphosilicate Glass;PSG)薄層，作為選擇性  $\text{n}^+$ -射極製程中所需二次磷擴散用磷原子源。(4)選擇性  $\text{n}^+$ -射極製程中，二次磷擴散用之熱源，直接利用雷射光束，可選擇紫外光雷射、綠光雷射或紅外光雷射等雷射光源。(5)抗反射層  $\text{SiN}_x$  製程，係將  $\text{SiN}_x$  薄膜直接被覆在有磷矽玻璃薄層之表面上。傳統 p 型結晶矽太陽電池製程，利用氫氟酸去除磷矽玻璃薄層，是必要的製程。(6)選擇性  $\text{n}^+$ -射極製程，係選擇局部區域來進行二次磷擴散  $\text{n}^+$ -射極製程，一般又稱之為重摻雜製程。利用雷射光源進行局部區域加熱，增強該局部矽基板加熱區域之磷原子濃度與其擴散深度，獲得選擇性  $\text{n}^+$ -射極。同時，進一步加熱能將選擇性  $\text{n}^+$ -射極局部區域上被覆之抗反射層  $\text{SiN}_x$  與磷矽玻璃 PSG 完全剷除。(7)經雷射光源局部區域照射，於選擇性的局部區域剷除抗反射  $\text{SiN}_x$  + 磷矽玻璃薄層，與無雷射選

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

收器設計與製作，及聚光型太陽電池模組組裝與測試等重要技術，同時包含太陽能收集器及其陣列、聚光型太陽能發電裝置、太陽能座體結構、太陽集光裝置、聚光型太陽電池模組之測試裝置、聚光座體結構、太陽能電池散熱封裝裝置及具肋條結構之 Fresnel Zone Plate 等多項發明專利之授權。本技術至今已授權予和光光學股份有限公司與億芳能源科技股份有限公司等兩家公司，可累積本所在聚光型太陽電池模組開發的能量，同時對國內傳統產業與光電半導體產業技術能力的提升提供實質之幫助，進而推動高效率聚光型太陽光發電系統在國內之應用與產業之建立。

3. 在「追蹤控制機構應用於陽光追蹤器」技術移轉暨授權案中，主要技術包括：太陽位置感測器與追蹤控制器設計原理技術，及太陽位置感測器與追蹤控制器製作技術，同時授權一種混合式追蹤控制機構應用於陽光追蹤器，與太陽追蹤器之太陽位置感測器機構與控制器及其追蹤控制方法等兩項發明專利。本技術已授權億芳能源科技股份有限公司，可累積本所在太陽光追蹤器(含太陽位置感測器與追蹤控制器)開發的能量，同時對國內傳統產業與光電半導體產業技術能力的提升提供實質之幫助，進而推動高效率聚光型太陽能發電系統在國內之應用與產業之建立。
4. 在「均光器檢測技術」合作開發暨技術授權案中，主要技術包括：提供模擬分析數據，及開發均光器檢測技術供產品檢測使用。期望由本計畫執行，得以促進贏創晶盛材料股份有限公司對於均光器的檢測能力並提升整體競爭力，促使其能夠擴大國際市場佔有率。
5. 「均光器設計技術」合作開發暨技術授權案中，主要技術包括：提供均光器設計技術，協助東聯光訊公司開發均光器設計與製作技術。期望藉由本案之執行，協助東聯光訊公司利用本身既有之玻璃產品製作技術，進入能源產品領域，縮短產品開發時程，提升公司之競爭力，及早進入國際市場。
6. 「高效率 GaInP/GaAs/Ge 太陽電池元件製作」技術授權案中，協助日本東洋鋼鈹株式會社開發製作太陽電池元件之技術，主要技術包括：GaInP/GaAs/Ge 太陽電池磊晶、GaInP/GaAs/Ge 太陽電池元件製作，以及 GaInP/GaAs/Ge 太陽電池特性量測等技術，將本所開發技術落實於產業界。

(二) 提供高聚光太陽光發電系統相關技術服務予國內業界，協助業界建立

本段落屬機密性內容，故不公開

- III-V 族多接面太陽電池之基板剝離及半導體光電特性量測等技術服務案。
2. 模組檢測與驗證方面：溫度循環測試、UV 測試、快速溫度循環測試、太陽電池模組鹽霧預測試、太陽電池模組鹽霧測試、IEC 62108 第一階段驗證測試、盤體溫濕度測試及太陽電池電性量測等技術服務案。
- (三) 配合技術產業化政策，透過技術移轉及技術服務，促成產業界投入 HCPV 產業。此外，培植高聚光太陽光發電人才及研發量產能力，藉以厚植本土化技術，提升系統效率，有效降低成本。
- (四) 藉由 metamorphic 磊晶結構技術的開發完成，除了可應用於開發太陽電池，進一步提高太陽電池的能量轉換效率外，更可以應用於其他半導體元件的開發，創造更大的經濟效益，以及更多的就業機會。
- (五) 高分子太陽電池為第三代太陽電池，高分子太陽電池具輕、薄、短小及可撓式之特性，可結合衣服、背包等成為可攜式電力之隨身發電廠，應用於各式 3C 產品；隨著電池效能提升，更成為低成本 Off-grid 的可攜式能源主流技術；另其可透視性，適合與人類生活環境相結合，可做為車、船及飛機或建物玻璃，為光電建築 BIPV 之首選。該產品之優點為第一代與第二代太陽電池(主要應用於發電廠)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。
- (六) 目前太陽能產業的主流為矽晶太陽電池，但成本降低的瓶頸在於矽晶片的成本佔了矽晶太陽電池總成本的六成。本計畫為研究薄膜結晶矽太陽電池，以薄膜結晶矽來取代矽晶片可有效降低電池成本，以提升我國在矽晶太陽電池產業之競爭力。
- (七) 接受晶元光電公司委託，執行 5kW 聚光型太陽能發電系統性能驗證計畫，由廠商提供太陽電池晶片，本所進行太陽電池模組製作，將模組裝置於路竹示範場之 5kW 追蹤系統，進行為期一年的戶外效率監控，以提升廠商產品可靠度，裨益其開拓國內外市場。
- (八) 台灣中油公司「銅鋅錫硫系薄膜型太陽電池技術開發」委託研究案，主要目標為以非真空製程開發具環保概念之 CZTS 太陽電池製作技術，成為台灣中油公司煉製所未來建立薄膜太陽電池技術相關設備與研究法之先期研究。
- (九) 應億芳能源股份有限公司需求，接受其委託執行 CPV 模組 IEC 62108 第二階段驗證測試技術服務案，以利其產品行銷國際市場。

#### 四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重5%)

- (一)本計畫目的在研究開發低成本與高效率之新型太陽能發電系統，其研發結果與未來影響，將包括減緩地球環境的變遷，提升國家能源安全與自產比例，及永續綠色能源的需求等。
- (二)高聚光太陽光發電系統技術係應用聚光透鏡將太陽光聚焦入射於小面積太陽電池內，進而產出電力，可大幅減少太陽電池的使用量，有效降低因製作太陽電池所產生的能源消耗與環境污染量；並且高聚光太陽光發電系統所使用的材料大部分可以回收再利用，因此是屬於環保節能的太陽能發電裝置。
- (三)建置 CPV 模組安規檢測技術，有助於提供國內聚光型太陽光電產業執行 CPV 模組完整(同時符合性能與安規)驗證測試，大幅縮短模組驗證時程，可吸引業界投入高聚光太陽光電產業及落實本土生根，創造更多就業機會。
- (四)高分子太陽電池為第三代太陽電池，可使用全溶液製程方式進行混摻製程，製程簡便，可以連續塗佈、印刷，不使用高真空製程，屬低耗能產業；並因所需之材料少、低污染、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。
- (五)冶金級矽太陽電池產品具有低成本、低能耗與低碳製程之優勢，使太陽電池應用能早日普及化，降低環境污染，及增進人類生存環境與生活品質的提升等功能。
- (六)銅鋅錫硫系薄膜太陽電池具有低成本、低毒性、低污染，且組成元素資源豐富等優勢，符合環保需求。

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

(四) 2012 年台北國際發明暨技術交易展，本計畫獲獎明細如下：

- (1) 「聚光型太陽電池模組」創新技術已獲得中華民國、美國及日本發明專利，並獲得 2012 年台北國際發明暨技術交易展金牌獎(圖 27)。
- (2) 「用於光電元件基板的剝離結構」創新技術已申請中華民國、美國及歐盟發明專利，並獲得 2012 年台北國際發明暨技術交易展銅牌獎(圖 28)。

(五) 核能研究所於 2012 年度參與國內舉辦之太陽光電相關展覽，除響應政府推動節能減碳政策，展示核能研究所研發成果，達成教育與宣導功能，並引導廠商投入 HCPV 產業，推廣介紹高分子太陽電池技術於業界。

日期	展覽名稱	主辦單位	展示目的/效益
2012 年 6 月 19~21 日	台北國際光電週	光電科技工業協進會	推廣核能研究所HCPV、高分子及提純冶金級矽技術與HCPV驗證服務能量，冀協助相關業者加強產製能力。
2012 年 9 月 20~9 月 23 日	台北國際發明暨技術交易展覽會	中華民國對外貿易發展協會	推廣核能研究所研發成果，以期協助產業界邁向技術商品化。
2012 年 10 月 3~5 日	台灣國際太陽光電展覽會	經濟部國際貿易局、SEMI、台灣太陽光電產業協會	展示核能研究所HCPV、高分子及提純冶金級矽研發技術與HCPV驗證服務能量，冀協助相關業者加強產製能力。

## 伍、本年度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)			
太陽光發電系 統技術發展	151,595				核能研究所	國家型
		高聚光太陽光發電 系統技術發展	93,545		核能研究所	國家型
		高分子太陽電池技 術發展	16,374		核能研究所	國家型
		提純冶金級矽太陽 電池技術開發	25,234		核能研究所	國家型
		銅鋅錫硫系薄膜型 太陽電池技術開發	16,442		核能研究所	國家型

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

#### (二)經資門經費表

預算執行數統計截止日期 101.12.31

會計科目	預算數(執行數)/元				備註
	主管機關預算 (累計分配數)	自籌款	合計		
			流用後預算數 (實際執行數)	占總預算數% (執行率%)	
一、經常支出					
1.人事費					
2.業務費	97,852,000 (80,557,080)		80,557,080 (80,446,990)	53.14% (99.86%)	業務費流出： 17,294,920
3.差旅費					
4.管理費					
5.營業稅					
小計	97,852,000 (80,557,080)		80,557,080 (80,446,990)	53.14% (99.86%)	業務費流出： 17,294,920
二、資本支出					
1.設備費	53,743,000 (71,037,920)		71,037,920 (69,675,420)	46.86% (98.08%)	業務費流入： 17,294,920

小計		53,743,000 (71,037,920)		71,037,920 (69,675,420)	46.86% (98.08%)	
合計	金額	151,595,000 (151,595,000)		151,595,000 (150,122,410)	100% (99.03%)	
	占總經費% =分配數÷預算數 (執行率=執行數÷ 流用後預算數)	100%		(99.03%)		

請將預算數及執行數並列，以括弧表示執行數。

### (三)100 萬以上儀器設備

本段落屬機密性內容，故不公開

## 二、計畫人力運用情形

### (一)計畫人力

人力統計截止日期 101.12.31

說明：

年度	執行情形	總人力 (人年)	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
總期程累計(中 綱計畫執行期 間累計)	原訂	214.1	5.3	26.1	94.2	88.6
	實際	203.3	6.1	22.0	93.8	81.5
	差異	-10.8	+0.8	-4.1	-0.4	-7.1

**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。

### 與原計畫規劃差異說明：

- 99 年度量子點/高分子太陽電池技術發展分項計畫中，與原規劃之人力差異，主要為許智淵(國防役)、劉得杏(國防役)於 98 年役期屆滿後相繼離職，且羅喜興(專支)也於 99 年離職，故在人力上有所減少。另有其他計畫(DMFC)之人員查厚錦與王瑞翔及 99 年 11 月份新進黃裕清研發替代役人員加入參與本計畫，人力之調整不致影響計畫之執行。
- 99 年度提純冶金級矽太陽電池技術開發分項計畫中，主要差異為古建德(專支)於 6 月 1 日離職，黃昱翔(國防役)於 10 月 23 日役期屆滿，另 10 月份新進鍾明憲與趙建昌等兩位研發替代役人員，人力之調整不影響計畫之執行。
- 100 年度量子點/高分子太陽電池技術發展分項計畫執行期間人力有所異動，其中 1 員研發替代役人員 100 年 1 月役期屆滿後離職；另於 5 月自直接甲醇燃料電池計畫補進 1 位專支人員及 1 位技術員。
- 101 年度高分子太陽電池技術發展分項計畫中，與原規劃之差異，於副研究員級方面，因有部分人力需支援他項計畫之執行，故略做調整，並於助理研究員方面增加部分之人力，以有效提升計畫之執行成效。

## (二) 中綱計畫執行期間累計主要人力(副研究員級以上)投入情形

中綱計畫執行期間累計：

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及 人月數	學、經歷及專長		
				學歷	經歷	專長
99~ 101		分支計畫 主持人	18.4 人月 計畫管理	學歷		
				經歷		
				專長		
99~ 101		分項計畫 主持人	26 人月 協助計畫推行及 模組開發	學歷		
				經歷		
				專長		
99~ 101		子項計畫 主持人	31.6 人月 高聚光倍率太陽 電池研發規劃與 督導	學歷		
				經歷		
				專長		
99~ 101		子項計畫 主持人	29.2 人月 模組設計、製作 與測試相關技術 之開發，子項計 畫管理與工作規 劃	學歷		
				經歷		
				專長		
99~ 101		子項計畫 主持人	33.5 人月 追蹤器及電力系 統設計開發，子 項計畫管理與工 作規劃	學歷		
				經歷		
				專長		
99~ 101		子項計畫 主持人	31.6 人月 系統整合，子項 計畫管理	學歷		
				經歷		
				專長		
99~ 101		子項計畫 主持人	18 人月 模組安規相關測 試技術之建置， 子項計畫管理與 工作規劃	學歷		
				經歷		
				專長		
99~ 101		分項計畫 共同主持 人	19.2 人月 協助分項計畫推 行及元件與材料 分析	學歷		
				經歷		
				專長		

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及 人月數	學、經歷及專長		
				學歷	經歷	專長
99~ 101		分項計畫 主持人	24 人月 協助分項計畫推 行及太陽電池製 作開發	學歷		
				經歷		
				專長		
99~ 101		分項計畫 主持人	36 人月 分項計畫規劃、 執行與管理	學歷		
				經歷		
				專長		
99~ 101		研究人員	21.6 人月 追蹤器及電力系 統設計開發	學歷		
				經歷		
				專長		
99~ 101		研究人員	19.2 人月 系統整合	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

填  
E-  
主

## 附錄一、佐證資料表

(就下述指標填報佐證資料，若該指標無成果請刪除該表，標題粗體為必填欄位)

## 一、學術成就表

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
						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	
101	太陽光發電系統技術發展	利用十字型圖案磊晶剝離技術製備薄膜太陽電池以達基板再利用目的	Thin film solar cells fabricated using cross-shaped pattern epilayer lift-off technology for substrate recycling applications			2012	IEEE Transactions on Electron Devices, 59 卷 3 期, 頁 666-672	d	SCI	2.318	N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	運用電漿多層結構之穿透式濾光技術	Transmissive Color Filtering Using Plasmonic Multilayer Structure			2012	Optical Engineering, 51 卷, 4 期, 頁 04001-1~5	d	SCI	0.822	N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	磷化銦鎵太陽電池的內建電場與電偏壓及照射光功率之相依性	Dependence of Biasing Voltage and Illumination Power on the Built-in Electric Field of InGaP Solar Cells			2012	Japanese Journal of Applied Physics, 51 卷, 頁 072301~1-072301~4	d	SCI	1.058	N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	奈米顆粒調控自組裝並提高效率之異質界面混摻太陽電池	Nanoparticle-Tuned Self-Organization of a Bulk Heterojunction Hybrid Solar Cell with Enhanced Performance			2012	ACS Nano, 6 卷, 2 期, 頁 1657-1666	d	SCI	9.865	N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	DPP 官能基之寡聚物改質二氧化鈦奈米桿	Diketopyrrolopyrrole-based oligomer modified TiO <sub>2</sub> nanorods for air-stable and			2012	JMC, 22 卷, 頁 10589-10596	d	SCI	5.101	N	N	

		及應用於 P3HT/TiO <sub>2</sub> 之反式太陽能元件	all solution processed poly(3-hexylthiophene):TiO <sub>2</sub> bulk heterojunction inverted solar cell										
101	太陽光發電系統技術發展	不同富勒烯衍生物塊狀異質接合高分子太陽電池小角與廣角 X 光散色射分析	Small and Wide Angle X-ray Scattering Characterization of Bulk Heterojunction Polymer Solar Cells with Different Fullerene Derivatives			2012	Journal of Physical Chemistry C, 116 卷, 18 期, 頁 10238-10244	d	SCI	4.805	N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	含氟添加劑之奈米顆粒/高分子太陽電池自主垂直相分離之研究	Self-Vertical Phase Separation Study of Nanoparticle/Polymer Solar Cells by Introducing Fluoro-Containing Additives			2012	Chem. Commun, 48 卷, 頁 7250-7252	d	SCI	6.169	N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	光致鍍鎳技術與之機制探討研究	An Investigation of the Mechanisms of Light Induced Nickel Plating on P-type Silicon Substrates			2012	International Journal of Electrochemical Science, 7 卷, 11 期, 頁 10711~10721	d	SCI	3.729	N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	多界面太陽電池沉積不同薄膜應用於光電化學水分解反應	Multi-junction solar cells with different deposited thin films for photoelectrochemical water splitting reactions					d	SCI				
101	太陽光發電系統技術發展	影像處理與圓中心估算法應用於高精度太陽追蹤器	Image Processing and Center Estimation Scheme Applied to High Accuracy Solar Tracker					d	SCI				
101	太陽光發電系統技術發展	高聚光系統清潔維護決策分析	Analysis of Soiling Effect for Cleaning Decision on HCPV System Maintenance					d	SCI				
101	太陽光發電系統技術發展	磷化銦鎵太陽電池之內建電場與光學特性分析	Built-in Electric Field Study and Optical Properties of GaInP p-i-n Solar Cells					d	SCI				
101	太陽光發電系統技術發展	氮化銦鎵太陽電池之內建電場分析	A Study on Critical Built-in Electric Field in InGaN p-i-n Solar Cells					d	SCI				

101	太陽光發電系統技術發展	影像式太陽追蹤系統開發	The development of sun-tracking system using image processing					d	SCI				
101	太陽光發電系統技術發展	聚光型太陽能接收器老化機制研究	Degradation mechanism of concentrator solar receivers					d	SCI				
101	太陽光發電系統技術發展	以 HCPV 發電量損失分析為基礎的環境影響之監測	Supervision of Environmental Impacts on HCPV Performance Based on Power Losses Analysis					d	SCI				
101	太陽光發電系統技術發展	應用於聚光型太陽能電池封裝之矽膠材料老化性質之研究	Aging Study of Silicone Encapsulation Materials for Concentration Solar Cells			2012	中華民國物理年會暨成果發表會	e			N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	氧化鋁與氮化鋁基板在聚光型太陽模組特性之比較	Comparison of Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> and AlN Submount Characteristics on Concentrating Photovoltaic Module			2012	中華民國物理年會暨成果發表會	e			N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	不同圓形金屬前電極對高聚光型 III-V 族太陽能電池之電性研究	Study on the efficiency of III-V concentrator solar cells with different circular front contacts			2012	中華民國物理年會暨成果發表會	e			N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	智慧型太陽光追蹤器應用於高效率太陽能發電系統	Intellectual solar tracker applied in high efficiency solar power generating system			2012	民生電子論壇(2012 CEF)智慧綠能研討會	e			N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	負型碲化鎵鍺/鈾/銀之歐姆接觸特性研究	Study of Ge/Pd/Ag Ohmic Contact on n-type GaAs			2012	第十屆微電子技術發展與應用研討會	e			N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	負型矽材料鈾/銀金多層歐姆接觸結構之研究	Electric characterizations of Pd/Ag/Au ohmic contact for n-type Si material			2012	第十屆微電子技術發展與應用研討會	e			N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	晶格應力對有機金屬化學氣	Influence of lattice stress on composition of AlInP grown			2012	真空年會	e			N	N	

	術發展	相沈積之磷化 銻鋁薄膜成份 之影響	by metalorganic vapor phase epitaxy										
101	太陽光發 電系統技 術發展	金銀系列金屬 層在金屬鍵合 技術之應用探 討	Investigation of Gold-silver based alloy applied in the metal bonding			2012	真空年會	e				N	N
101	太陽光發 電系統技 術發展	三五族太陽電 池抗反射鍍膜 優化研究	Investigation of antireflection coating for III - V multijunction solar cells			2012	真空年會	e				N	N
101	太陽光發 電系統技 術發展	聚光型太陽能 電池模組能量 轉換效率之影 響因素特性研 究	Investigation the effect of conversion efficiency of HCPV-based cells and modules			2012	真空年會	e				N	N
101	太陽光發 電系統技 術發展	Cu <sub>2</sub> ZnSnSe <sub>4</sub> 薄 膜之硒化製程 研究	Preparation of Cu <sub>2</sub> ZnSnSe <sub>4</sub> Thin Films by Selenization			2012	真空年會	e				N	N
101	太陽光發 電系統技 術發展	單一相 Cu <sub>2</sub> ZnSnSe <sub>4</sub> 硒 化薄膜之製備	Preparation of Single-Phase CZTS Thin Films			2012	材料年會	e				N	N
101	太陽光發 電系統技 術發展	多接面太陽電 池沉積不同薄 膜於光電化學 水分解反應	Multi-junction solar cells with different deposited thin films for photoelectrochemical water splitting reactions			2012	第 14 屆 Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress	f				N	N
101	太陽光發 電系統技 術發展	可將砷化鎵太 陽電池轉移至 銅或矽基板之 基板剝離技術	Large dimension transfer of GaAs solar cell onto molybdenum and silicon substrates			2012	第 8 屆 International Conference on Concentrating Photovoltaic Systems	f				N	N
101	太陽光發 電系統技 術發展	聚光型太陽電 池接收器矽質 封裝材料可靠 度研究	Durability of Silicone Encapsulation Materials for Concentration Solar Receivers			2012	第 8 屆 International Conference on Concentrating Photovoltaic Systems	f				N	N
101	太陽光發 電系統技 術發展	串聯式聚光型 太陽電池模組 之電流不匹配 效應分析	Current Mismatch Effect On High Concentration Photovoltaic When In Series Connection			2012	第 8 屆 International Conference on Concentrating Photovoltaic Systems	f				N	N

101	太陽光發電系統技術發展	步進壓力測試分析三五族III-V triple junction solar cells analyzed using step stress tests	Degradation mechanism of III-V triple junction solar cells analyzed using step stress tests			2012	The 2nd International Conference on Engineering and Technology Innovation	f				N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	以銀網/聚(3,4-乙烯二氧噻吩)-聚苯乙烯磺酸做為透光電極之高分子太陽能電池	ITO-free polymer solar cell based on Ag grid/PEDOT:PSS hybrid			2012	Organic Solar Cell Symposium and Global School for Advanced Studies (GSAS)	f				N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	利用超音波噴塗製備高分子太陽能電池	Ultrasonic spray-coating of polymer solar cells			2012	Organic Solar Cell Symposium and Global School for Advanced Studies (GSAS)	f				N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	大面積噴塗反式太陽能元件之效率與穩定性研究	Performance and Stability of Inverted Polymer Solar Cells Using Spray Process			2012	Organic Solar Cell Symposium and Global School for Advanced Studies (GSAS)	f				N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	使用AP-MOCVD製備CZTS薄膜	Fabrication of CZTS thin films by AP-MOCVD			2012	International Electron Devices and Materials Symposium (IEDMS)	f				N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	以溶膠凝膠法製作CZTS薄膜與分析	Fabrication and Characterization of CZTS thin films by Sol-gel Method			2012	Optics & Photonics Taiwan, International Conference	f				N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	光致鍍鎳(LINP)技術之鍍膜成果	The Experimental Analysis of Light Induced Nickel Platin			2012	台灣鍍膜科技協會年會(TACT)	e				N	N	
101	太陽光發電系統技術發展	電漿蝕刻法製備高效能矽晶太陽電池	High Efficiency Silicon Solar Cell by Plasma Etching Method			2012	中國化學年會	e				N	N	

## 二、培育人才表（參與本計畫博碩士研究生基本資料）

年度	計畫名稱	姓名	a 博士 b 碩士	a 培育 b 培訓	連絡地址	電話	E-MAIL	備註
101	太陽光發電系統技術發展	陳 OO	a	a				
101	太陽光發電系統技術發展	江 OO	a	a				
101	太陽光發電系統技術發展	王 OO	a	a				
101	太陽光發電系統技術發展	曾 OO	b	a				
101	太陽光發電系統技術發展	李 OO	b	a				
101	太陽光發電系統技術發展	郭 OO	b	a				
101	太陽光發電系統技術發展	廖 OO	a	a				
101	太陽光發電系統技術發展	饒 OO	b	a				
101	太陽光發電系統技術發展	張 OO	b	a				
101	太陽光發電系統技術發展	楊 OO	b	a				
101	太陽光發電系統技術發展	陳 OO	b	a				

## 三、智財資料表

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

## 四、研究/技術報告表

年度	計畫名稱	報告名稱	作者姓名 作者姓名間以半型分號「;」隔開	出版年 採西元年 如：2005	頁數	出版單位	備註
101	太陽光發電系統技術發展	金屬接合壓力對太陽能電池元件特性的影響		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	HCPV 模組接頭斷裂原因分析		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	聚光型太陽電池模組之電流不匹配效應研究		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	新式均光器之設計、製作與量測		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	大型太陽能電池模組結構設計與分析		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	太陽影像式追蹤望遠系統設計與分析		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	20kW 級太陽光追蹤器模組支架設計與分析		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	太陽影像追蹤平台設計報告		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	5 kW 級太陽光追蹤器立柱結構設計與分析		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	太陽電池產業趨勢		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	嵌入式系統應用於 HCPV 中央監控之規劃與設計		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	高聚光太陽光示範場維護管理		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	ZigBee 無線通訊應用於監控系統之探討與分析		2012		核研所	

101	太陽光發電系統技術發展	聚光太陽電池模組 IEC 62108 規範 C 程序測試研究報告		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	太陽電池模組驗證實驗室能力試驗參與計畫及執行程序		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	推廣聚光型太陽能發電產業及兩岸發展現況資訊與技術交流		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	各國太陽能的補助政策及獎勵措施		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	高聚光太陽能發電示範場推廣工作報告		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	高密度電漿蝕刻系統操作報告		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	熱阻式鍍膜系統操作手冊		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	均光器檢測技術合作開發暨技術授權結案報告		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	四元共濺鍍機台使用說明書		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	太陽光於分光導光之應用研究		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	路竹示範場 HCPV 系統改善與維護策略		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	高聚光太陽光追蹤控制系統運轉維護程序書		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	聚光透鏡量測系統程式說明文件		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	整合型監測裝置在節能減碳的應用程式說明文件		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	熱性質測試平台溫濕度校正程序書		2012		核研所	

101	太陽光發電系統技術發展	普通金屬型熱電偶溫度計校正程序		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	白金電阻溫度計校正程序書		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	聚光型太陽電池接收器性能測試報告		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	太陽光電模組鹽霧腐蝕測試程序書		2012		核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	利用超音波噴塗製備高分子太陽能電池		2012	36	核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	大面積噴塗製程製作反式太陽能電池之效率與壽命研究		2012	33	核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	以銀網/PEDOT:PSS 混合電極製備 ITO-free 高分子太陽能電池		2012	43	核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	以聚 3-己基噻吩/富勒烯延伸物作為主動層之反式高分子太陽能電池研究		2012	30	核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	矽晶表面電漿粗糙化技術於太陽能電池製程之應用		2012	24	核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	利用 RF 磁控濺鍍機製作高品質 ITO 透明導電膜		2012	26	核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	一種創新的水上漂浮追日太陽能光伏發電系統之設計與製造		2012	17	核研所	
101	太陽光發電系統技術發展	摻雜非晶矽層對薄膜太陽電池性能之研究		2012	28	核研所	

本段落屬機密性內容，故不公開

附錄二、佐證圖表

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