

# 政府科技計畫績效評估報告

計畫名稱：太陽光發電系統技術發展

執行期間：自99年1月至102年12月

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

執行經費：524,967,000元

---

---

能源技術 分項/ 有機太陽光電 子項

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)

評估委員：張正陽、李清庭、藍崇文、江青瓚、  
陳建源、洪明崎

主管機關：行政院原子能委員會

中華民國103年2月25日

# 政府科技計畫績效評估報告

## 第一部份：科技計畫成果績效評估報告

請依下列重點與比重評量：

- 1.執行之內容與原計畫目標符合程度 (20%)
- 2.已獲得之主要成就與成果(outputs) 滿意度 (30%)
3. 評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcomes/impacts)(30%)
4. 計畫經費及人力運用的適善性(15%)
5. 後續工作構想及重點之妥適度(5%)
6. 與相關計畫之配合程度 (10%)(參考用，不納入總評分計算)

## 壹、執行之內容與原計畫目標符合程度 (20%)

請問本計畫之執行是否符合原計畫之目標？程度為何？若有差異，其重點為何？

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

註：(10:極優 9:優 8:良 7:可 6:尚可 5:普通 4:略差 3:差 2:極差 1:劣)

- 計畫包含高聚光 PV 系統技術發展、高分子太陽電池技術發展、冶金級矽太陽電池技術開發與 CZTS 薄膜型太陽電池技術開發等 4 項工作。
- 執行之內容與原計畫之目標符合，僅【製作高效率高分子太陽電池】，能量轉換效率達 9.6%，與年度預期目標(查核點 10%)，略微有落差，差異分析宜說明。
- 計畫執行大都符合原計畫目標。

## 貳、已獲得之主要成就(重大突破)與成果滿意度(30%)

計畫執行後其達成之重要成果為何？與原列之 KPI 與成果績效預期成效是否一致？若有差異，有無說明？其說明是否合理並予探討？

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

- 完成 1000 倍 CPV 模組之設計與製作，戶外實測光電轉換效率達 31.10%。
- 開發影像太陽位置感測器及追蹤控制器，追蹤器精度 $\leq \pm 0.1$  度。
- 開發大面積高分子太陽電池製程技術，電池能量轉換效率達 4%。
- 利用常壓化學氣相沉積系統在純度 $< 5N$  之提純冶金級矽基板上進行磊晶矽薄膜沉積，並成功開發薄膜磊晶矽太陽電池元件，目前最佳之能量轉換效率為 14.07%(電池面積為 16  $\text{cm}^2$ )或 13.55%(電池面積為 100  $\text{cm}^2$ )。
- 開發 CZTS 太陽電池材料製備與元件製程技術，太陽電池之能量轉換效率達 5.02%。
- 惟在開發三接面太陽電池磊晶與製程技術部分原目標太陽電池能量轉換效率為 43%，目前最高達 40.6%。另在製作高效率高分子太陽

<p>電池部分，所得最佳元件效率為 9.6%略低於原目標 10%。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 與原列之 KPI 及成果績效符合，成效說明合理，可予採計。</li> <li>● 有多項成果，包括高效率 III-V 族化合物半導體太陽電池，1000 倍聚光型太陽電池模組，戶外型影像式太陽位置感測平台，中央監測系統，高分子太陽電池大面積製程技術等，皆有不錯的成果，然欠缺一國際級之重大成果，以引導台灣太陽能產業技術之方向。</li> <li>● 在聚光型的計畫有很不錯的結果，效益也較大。OPV Role-to-role 有不不錯的進展，在國內的發展也比較獨特。只是在矽晶電池與 CZTS 電池的主要成就比較弱。</li> </ul>
---

### 參、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (30%)

請依計畫成果效益報告(第二部分)中該計畫所具之各項成就有權重做評述量，如報告中未列權重者，請委員考量是否應建議權重，並加以評述

重要成就與重大突破項目	權重(%)		評等 (1~10)
	原計畫 設定	委員建議 設定	
一、學術成就(科技基礎研究)	20%	20%	9
二、技術創新(科技整合創新)	30%	30%	8
三、經濟效益(產業經濟發展)	30%	30%	8
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)	5%	5%	8
五、非研究類成就(人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導)			8
六、其它效益(科技政策管理及其它)	15%	15%	8
總計	100%	100%	

綜合評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

## 一、學術成就之評述(科技基礎研究)

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

### 1. 量化成果評述：

- 有 16 篇 SCI 期刊論文，19 篇國際研討會論文，16 篇國內研討會論文發表，與國內學校合作建立 12 個研究團隊。
- 核能研究所自 2003 年開始逐步投入 III-V 族高效率多接面太陽電池、聚光型太陽電池模組、太陽光追蹤器、中央監控系統與太陽電池模組驗證等技術，並完成專業實驗室之建置。於 2007 年 10 月完成 100 kW 高聚光太陽光發電系統，及 2009 年 12 月完成 MW 級高聚光太陽光發電示範系統建置，並將組件產品化及建置過程之經驗與相關資訊提供業界，含教育訓練、技術諮詢服務等，達到技術經驗傳承目的。其中聚光型太陽電池模組實驗室負責開發聚光型太陽電池模組之設計、製作及測試等技術，配合 MW 級示範系統之建置，並進一步建立小型量產技術。整體研發成果均超出預期產出量化值，可謂成果豐碩。

### 2. 質化成果評述：

- 發表 16 篇期刊論文皆為 SCI 期刊，實為不易。
- 所發表論文的內容水準相當優良，論文內容亦與計畫相吻合。
- 建立之研究團隊中有 11 個是與大學及科大合作，預期此課題在教育研究方面將受重視，有助於人才培育。
- 建立聚光型 III-V 族化合物半導體太陽電池之磊晶元件製程技術，在 131 倍聚光條件，最高效率可達 40.6%。
- 製作高效率高分子太陽能電池，以 ZnO+PEIE 為電子傳導層，PV2000 作主動層，所得最佳元件效率為 9.6%。
- 利用常壓化學氣相沉積系統在純度 <math><5N</math> 之提純冶金級矽基板上成功開發薄膜磊晶矽太陽電池元件，目前最佳之能量轉換效率為 14.07%(電池面積為 16 cm<sup>2</sup>)或 13.55%(電池面積為 100 cm<sup>2</sup>)。

## 二、技術創新成就之評述(科技整合創新)

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

### 1. 量化成果評述：

- 發明專利申請 26 件，國內外專利共獲得 21 件，不論在專利申請或獲證上都超出預期目標 2 倍之多。
- 在聚光型太陽能電池的布局專利很有企圖心。
- 建立 9 項技術，其中高聚光太陽光發電系統 5 項，高分子太陽電池 2 項，提純冶金級矽太陽電池 1 項，銅鋅錫硫系薄膜型太陽電池 1 項等。
- 技術移轉/授權 2 件，總收入為 800 仟元，先期參與案 3 件，收入為 300 仟元，5 件技術服務案，102 年度迄今收入 2,320 仟元。
- 在技術移轉與技術服務上亦符合預期量化指標。
- 量化成果產出均已超出預期產出量化值達成目標，可謂成果豐碩。惟技術移轉/授權及先期參與案之權利金額稍嫌太少，與所投入的研發經費相比，比例太小，建議持續致力產值、產業化應用推廣。

### 2. 質化成果評述：

- 專利已有部分成果，且由技術移轉與技術服務上之內容，可看出計畫已有部分成效。
- 除獲得我國發明專利外，也獲得美國、日本多件發明專利，對於太陽光發電系統技術之國際專利布局有助益。
- 以技術移轉及授權方式，有效協助廠商建立產業化之太陽光發電系統相關技術，有助於進軍國際市場。
- 在 AlInGaAs 及 GaInP 太陽能電池之低溫磊晶成長及卷對卷連續夾縫式全溶液非真空製作高分子太陽電池等具有高品質的技術創新性。
- 完成 1000 倍聚光型太陽電池模組，於戶外實地測試，光電轉換效率達 31.10%。
- 在大型太陽光追蹤器方面，完成影像式太陽位置感測器設計製造及

戶外型影像式太陽位置感測平台建置，以及 25kW 太陽光追蹤器建置，追蹤精度小於 $\pm 0.1$  度的 25kW 太陽光追蹤器。

- 完成整合性中央監測系統建置，該系統整合所內太陽能應用展示與驗證場、路竹示範場、核三廠南展館 1.2 kW HCPV 展示系統即時發電資訊，可分散伺服器工作負荷、提升遠端監測效能、異地備份保障系統資料安全。
- 完成高雄路竹示範場與台東大學測試場之太陽電池模組戶外長期測試系統架設，執行「CPV&PV 模組長期戶外老化測試」、「CPV 模組 IEC 62108 第二階段驗證測試」及「太陽電池模組 UV 照射」等 3 件技術服務案。
- 在聚光型太陽能電池與有機太陽能電池相關的技術創新有不錯的成績。

### 三、經濟效益之評述(產業經濟發展)

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

#### 1. 量化成果評述：

- 高聚光太陽光發電系統相關技術提供業界，協助業界建立與提升產業化技術，102 年度技術服務收入達 880 仟元。
- 技術移轉(授權)共 2 件(2 家公司)，先期參與案 3 件。102 年度技術移轉權利金，總收入為 1,100 千元。
- 核能研究所於 102 年 9 月 25 日舉行「技轉技服暨合作廠商」座談會，邀請高聚光型太陽光發電技術相關廠商(共 13 家/23 人)，會後已有三家廠商與本所簽署先期參與合約。
- 執行「CPV&PV 模組長期戶外老化測試」、「CPV 模組 IEC 62108 第二階段驗證測試」及「太陽電池模組 UV 照射」技術服務案 3 件，另也執行台灣中油公司委託研究案。102 年技術服務收入達 2,320 千元。
- 以 metamorphic 磊晶 III-V 半導體太陽電池提升轉換效率。
- 協助廠商開發太陽光追蹤器系統。
- 建置評估太陽光發電系統。
- 未來 KPI 應多加強業界合作、專利授權及輔導擴展國際市場。
- 在聚光型技術服務與技轉的成果比較好，OPV 聯盟有不錯的規劃與企圖心，值得繼續努力。矽晶與 CZTS 領域需要加強。

#### 2. 質化成果評述：

- 廠商投資研發大都與計畫之技術移轉內容相關，顯見計畫之成效，惟所能產出之效益尚微。
- 所開發的磊晶成長技術及太陽光追蹤器系統具有經濟效益。
- 提供太陽光發電系統相關技術予國內業界，協助業界建立與提升產業化技術。
- 與業界簽訂合作 10 件，落實研發成果於產業，創造更多就業機會。
- 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，開發具環保概念之 CZTS 太陽電池製作技術。

- 與綠源科技股份有限公司，旭晶能源科技股份有限公司簽訂合約，與 UL 公司研發處合作，在 OPV 製程技術、模組化能力及開發成果與國內學界台大、交大及中研院等上游學術研究單位洽談合作。
- 聚光型與 OPV 領域在國內比較獨特，也有不錯的進展，大有可為。

#### 四、社會影響之評述(民生社會發展、環境安全永續)

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

##### 1. 量化成果評述：

- 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 17 位研發替代役及 28 位專業支援人力。

##### 2. 質化成果評述：

- 高分子太陽電池為第三代太陽電池，使用非真空全溶液製程方式進行混摻製程，大幅提升節能減碳功能，屬低耗能產業，應用性較傳統現有太陽電池廣泛，有可能提升節能減碳功能。
- 太陽電池模組驗證實驗室與 UL 實驗室合作，導入 UL1973 標準之儲能電池測試技術，已完成儲能電池模組安全規範測試訓練與實驗室能力評估，將有助於提供國內能源產業發展。
- 冶金級矽太陽電池與銅鋅錫硫系薄膜太陽電池產品具有低成本、低能耗與低碳製程之優勢，降低環境污染。
- 太陽光發電系統技術發展，需光電、材料、物理、資訊、機械及電機電子等方面人才，建立了人才培訓機制，提升就業機會，有助民生社會發展。
- 2007 年 10 月完成 100 kW 高聚光太陽光發電系統，及 2009 年 12 月完成 MW 級高聚光太陽光發電示範系統建置，有助於太陽光發電之民眾教育及綠能教育之宣導。
- 聚光型在路竹的示範區對綠能永續發展是很不錯的成就，也是相當好的示範與實證場所。且與 UL 合作導入模組驗證能量，對國內相關產業發展相當有貢獻。

## 五、非研究類成就(人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導)

計畫執行後除既定之成果效益外，有無非直接之其它成果？若有請重點摘錄。

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

### 1. 量化成果評述：

- 培育 17 位研發替代役及 28 位專業支援人力，達到培育太陽光電技術人才之目的。
- 培育博士研究生 5 位，碩士研究生 6 位。

### 2. 質化成果評述：

- 藉由論文發表、國內外期刊或會議，有助於提高核研所太陽電池相關技術研究之能見度，並促進學術交流。
- 與大專院校之合作研究，從基礎研究突破技術障礙，培育太陽光電領域人才。
- 培育發替代役及專業支援人力對於國內培養相關人才有一定之助益，惟可增加碩博士生至單位實習學習之機會。
- 未來可以多爭取加入國內相關會議的委員會，爭取產業與學術服務的角色。

## 六、其它效益之評述(科技政策管理及其它)

計畫執行後除既定之成果效益外，有無非直接之其它成果？若有請重點摘錄。

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

### 1. 量化成果評述：

- 與 UL 公司合作建置評估台灣區域太陽光發電系統，及太陽電池模組可靠度與壽期分析。
- 參與國內舉辦之太陽光電相關展覽。
- 此計畫人員參與國內展覽與會議三個場次相當熱心努力。

### 2. 質化成果評述：

- 與國際 UL 公司研發處合作，於高雄路竹示範場及核能研究所於台東大學日照監測站建置之 HCPV 測試點，執行「CPV&PV 模組發電系統長期戶外老化測試」技術服務案。將有助於台灣區域太陽光發電系統建置評估，及太陽電池模組可靠度與壽期分析，進而提供國際驗證測試標準制定參考。
- 核研所積極參與國內舉辦之太陽發電相關展覽，並響應政府推動節能減碳政策，展示研發成果，其具有教育與宣導功能。
- 未來應持續執行技術精進、加強與業界合作、聚焦獨特亮點研究、專利佈局策略研究及加強市場趨勢研究等方向。

## 肆、計畫經費及人力運用的適善性 (15%)

### (評估計畫資源使用之合理性)

本計畫執行之經費、人力與工作匹配，與原計畫之規劃是否一致，若有差異，其重點為何？其說明是否能予接受？

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

- 計畫預算經費 130,232 千元，實際執行經費 125,042 千元，其執行率為 96.01%。計畫原訂人力 3,199.6 人月，實際執行人力 3,071.4 人月，其執行率為 95.6%。計畫執行之經費、人力與工作尚匹配。
- 經費與人力執行與皆在原計畫範圍內，人力職掌與投入人月數亦有說明。
- 與原核定計畫有差異部份已有說明，惟建議說明是否需報審通過。

## 伍、後續工作構想及重點之妥適度(5%)

本計畫之執行時間是否合適？或太早？太晚？如何改進？

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

- 在Ⅲ-V 族太陽電池模組系統，高分子太陽電池技術，提純冶金級矽太陽電池技術，及銅鋅錫硫系薄膜型太陽電池技術有規劃後續重點工作。
- 後續工作構想及重點妥適，期能達到國際水準。另提高太陽電池能量轉換效率，建立低成本、低耗能且低污染之製程技術，有助於提供國內能源產業發展。
- 後續計畫共 4 分項計畫，計畫內容大都為延續性計畫，建議應說明計畫之必要性與可能獲致之效益。
- 所提之後續工作構想為完成執行本計畫所擬繼續研發之項目，惟部分之後續工作構想宜在執行本四年期計畫時就應完成。
- 本計畫值得建議持續進行技術精進及發展產業化相關規劃。
- 在聚光型與有機太陽能電池方面，在國內都相當獨特，有不錯的進展，也相當合適。但在矽晶電池方面，研究課題與產業差距比較遠，很難收到好的回響，未來可以考慮轉型。在 CZTS 電池方面，進展比較慢，且工研院也在發展，可以考慮未來發展方向，找出自己具優勢的項目。

## 陸、與相關計畫之配合程度 (10%)(參考用,不納入總評分計算)

- 與 UL 實驗室合作，於高雄路竹示範場及核能研究所於台東大學日照監測站建置之 HCPV 測試點，執行「CPV&PV 模組發電系統長期戶外老化測試」技術服務案。
- 與中央大學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”。
- 核研所為國內目前唯一研究機構，擁有及建立高分子太陽電池商業製程之設備及豐富技術經驗人力，與國內學界台大、交大及中研院等上游學術研究單位洽談，由其提供前瞻材料及元件技術，而由本所進行量產製程技術之合作研發開發。
- 核研所擁有太陽電池商業製程之設備及人力，與國內學界及廠商，進行高分子太陽電池之產業合作洽談，有利於形成產業鏈或產業聯盟，提升產業之國際競爭力。

## 柒、產業發展及跨部會協調指標

本計畫有無產業發展及跨部會協調相關指標？並對有該指標且有差異或尚未考量該指標者提供建議或加以評述。

- 無。報告書中並無內容。

## 捌、本計畫之智財產生可能性評估

本計畫有無產出專利或著技術移轉之潛力？該項技術為何？是否有其他計畫產出之技術可與本計畫技術搭配整合？

- 已提出 26 件發明專利申請，內容大都為計畫相關內容。
- 可能產生專利智財或可移轉之潛力技術包含：
  - 具固定結構之聚光型太陽能接收器、影像太陽位置感測裝置、多接面太陽電池銀電極製程、HCPV 模組光學透鏡結構與水平調整機構。
  - 大面積高分子太陽電池製程技術、高分子太陽電池電子傳輸層、主動層奈米顆粒添加劑。
  - 矽晶太陽能電池之金屬電極圖案化、具有摻雜矽或硼原子之鋁金屬電極之製備。
  - 薄膜太陽電池吸收層之製造。
- R2R OPV 的相關技術可以往可攜式 3C 產品發展，應該有技轉的機會。
- 在所提的概念是構想中，宜更進一步說明其創新及關鍵技術，方可形成具有潛力的智財專利。
- 應加強專利或技術應用移轉之推廣。

## 玖、綜合意見

- 本計畫內容包括：(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，內容與原計畫目標相符。
- 本計畫已執行完四年期計畫，其使用 524,967 千元，宜在專利佈局及技術移轉與產業應用方面提出具體的執行績效，以驗證本計畫的執行績效。
- 有 16 篇 SCI 期刊論文，19 篇國際研討會論文，16 篇國內研討會論文；發表，與國內學校合作建立 12 個研究團隊。獲得專利 21 件，26 件專利申請中，技術移轉/授權 2 件，總收入為 800 仟元，先期參與案 3 件，收入為 300 仟元，5 件技術服務案，102 年度迄今收入 2,320 仟元。
- 將高聚光太陽光發電系統相關可產業化技術，進行技術移轉/授權予產業界，協助業界建立產業能力，102 年度技術移轉權利金總收入為 1,100 仟元，也執行「CPV&PV 模組長期戶外老化測試」、「CPV 模組 IEC 62108 第二階段驗證測試」及「太陽電池模組 UV 照射」等 3 件技術服務案。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，開發具環保概念之 CZTS 太陽電池製作技術。
- 太陽電池模組驗證實驗室與 UL 實驗室合作，導入 UL1973 標準之儲能電池測試技術，已完成儲能電池模組安全規範測試訓練與實驗室能力評估，將有助於提供國內能源產業發展。
- 核研所為國內目前唯一研究機構，擁有及建立高分子太陽電池商業製程之設備及豐富技術經驗人力，與國內學界台大、交大及中研院等上游學術研究單位洽談，由其提供前瞻材料及元件技術，而由本所進行量產製程技術之合作研發開發。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」

- 本計畫在高雄路竹示範場及台東大學日照監測站建置之 HCPV 測試點宜提出所獲得之示範及測試的統計分析資料以作為未來建置及測試的參考資料。
- 本計畫的執行宜以開發產業需求的關鍵技術及系統為主軸，並宜與相關產業有具體的技術交流，例如國內廠商 III-V 族半導體太陽電池磊晶結構已有優良的品質，本計畫在磊晶的技術研發宜有特色目標。
- 本計畫已建 HCPV 技術及三種太陽電池技術，宜進一步結合產業，提升國際競爭力。
- 持續精進製程、結構、材料，節省原物料之使用，提升太陽電池與模組轉換效率，落實價格低廉，降低生產成本，以提高競爭力。
- 本計畫專利 47 件(含申請中 26 件)，表現良好，然宜持續掌握關鍵技術專利，以利搶攻綠能市場。
- 有多項成果，包括高效率 III-V 族化合物半導體太陽電池，1000 倍聚光型太陽電池模組，戶外型影像式太陽位置感測平台，中央監測系統，高分子太陽電池大面積製程技術等，皆有不錯的成果，然欠缺一國際級之重大成果，以引導台灣太陽能產業技術之方向。
- 本計畫與國內大專院校合作，雖培育人才超過預期目標，宜將太陽電池相關技術經驗及成果，推動至產業界，並積極舉辦教育訓練課程，以培育更多本土產業及人才。
- 建議對所發展技術，提出未來在成本考量及競爭上之可行性評估。
- 建議持續進行技術精進及發展產業化相關規劃。未來應持續執行技術精進、加強與業界合作、聚焦獨特亮點研究、專利佈局策略研究及加強市場趨勢研究等方向。
- 這個計畫成果相當不錯，特別是在聚光型電池的研發、示範、與認證實驗室的建立，在國內相當獨特，也有很不錯的技轉成績，值得繼續發展。OPV 在 R2R 技術的建立也很有進展，在國內也領先其他單位，值得繼續。矽晶電池的研究比較沒有特色且與產業合作比較少，可以考慮轉型。CZTS 電池的特色也不是很明顯，且工研院也在做，未來可以考慮找到自己的優勢方向，才比較能持續發展。

## 拾、總體績效評量(高者為優)：

評估項目	百分比 (%)	評分
壹、執行之內容與原計畫目標符合程度	20	17.67
貳、已獲得之主要成就(重大突破)與成果滿意度	30	25.5
參、評估主要成就及成果之價值與貢獻度	30	26
肆、計畫經費及人力運用的適善性	15	13
伍、後續工作構想及重點之妥適度	5	3.83
總計	100	86
陸、與相關計畫之配合程度(Bonus)	10	7.75

## 總體績效評等

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

註：(10:極優 9:優 8:良 7:可 6:尚可 5:普通 4:略差 3:差 2:極差 1:劣)