

(部會列管)

行政院原子能委員會 99 年度
政府科技計畫期末成果效益報告
(99.1.1 ~ 99.12.31)

計畫名稱：太陽光發電系統技術發展

執行期間：

全 程：自 99 年 01 月 01 日至 102 年 12 月 31 日 止

本年度：自 99 年 01 月 01 日至 99 年 12 月 31 日 止

主辦單位：核能研究所

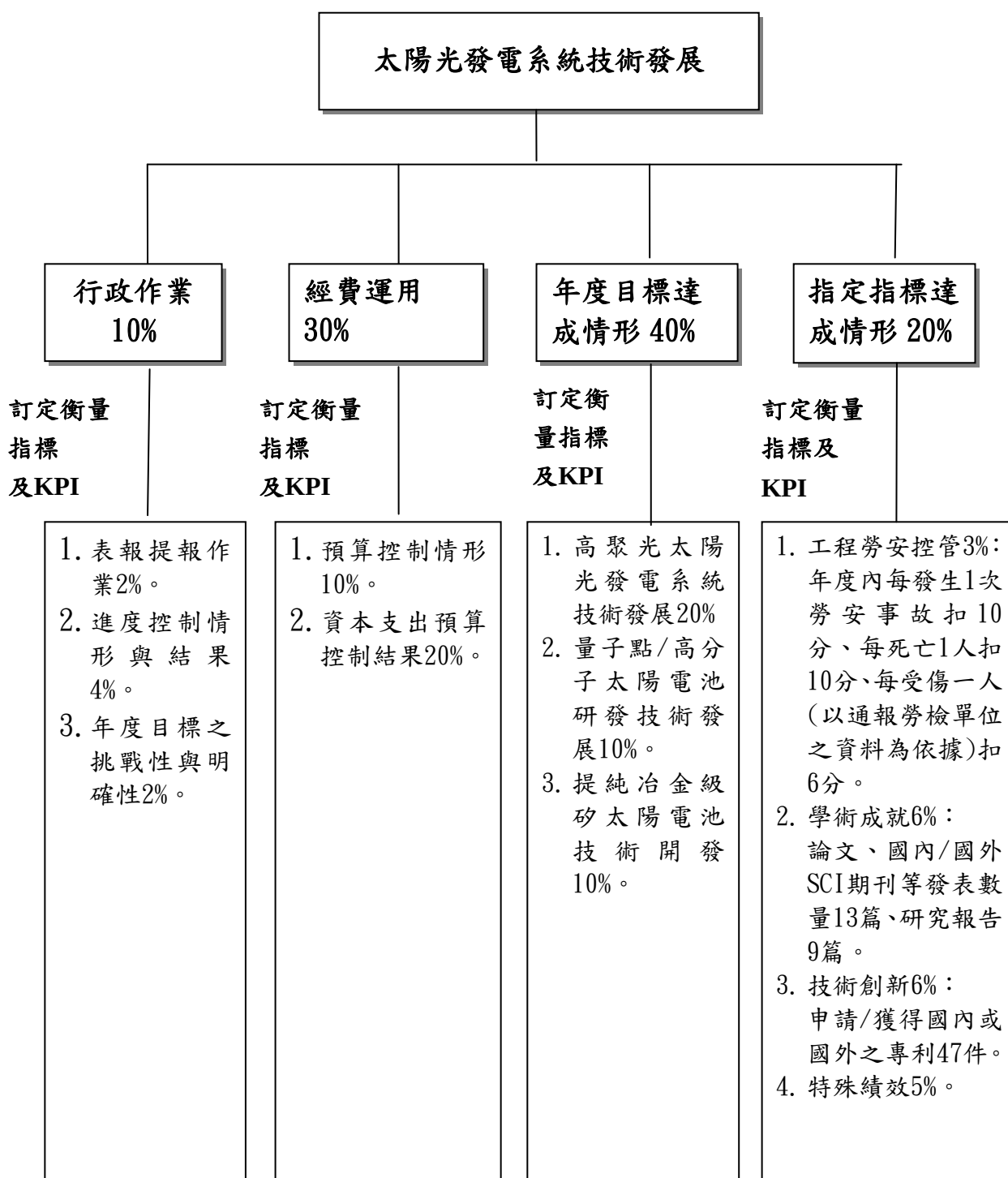
目 錄

第二部分：政府科技計畫成果效益報告	1
壹、科技施政重點架構圖	1
貳、基本資料	2
參、計畫目的、計畫架構與主要內容	2
一、計畫目的與預期成效	2
二、計畫架構(含樹狀圖)	5
三、計畫主要內容	5
肆、計畫經費與人力執行情形	7
一、計畫經費執行情形：	7
(一)計畫結構與經費	7
(二)經資門經費表	7
二、計畫人力運用情形：	8
(一)計畫人力(人年)	8
(二)主要人力投入情形(副研究員級以上)	9
伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含量化成果 output)	11
一、本計畫重要成果及重大突破	11
二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破	22
陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)	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 %)	31
三、經濟效益(產業經濟發展) (權重 30 %)	34
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續) (權重 10 %)	35
五、其它效益(科技政策管理及其它) (權重 10 %)	35
柒、本計畫可能產生專利或可移轉之潛力技術說明	37
捌、與相關計畫之配合	38
玖、後續工作構想之重點	38
壹拾、檢討與展望	39
附錄一、佐證資料表	41
附錄二、佐證圖表	52

第二部分：政府科技計畫成果效益報告

壹、科技施政重點架構圖

策略績效目標——績效衡量指標——執行措施（綱要計畫）



貳、基本資料

計畫名稱：太陽光發電系統技術發展

主 持 人：_____

審議編號：99-2001-02-04-09

計畫期間(全程)： 99 年 01 月 01 日至 102 年 12 月 31 日

年度經費：130,646 千元 全程經費規劃：720,646 千元

執行單位：核能研究所

參、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的與預期成效

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)量子點/高分子太陽電池技術發展，及(3)提純冶金級矽太陽電池技術開發等三個分項工作。計畫總目的及預期成效分述於後。

計畫目的

(一)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，及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 1100 倍，模組效率達 30%。
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，建立具有自動偵錯及修護復原機制之中央監控中心。

(二)量子點/高分子太陽電池技術發展

1. 開發第三代高效率與低成本量子點/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。

(三)提純冶金級矽太陽電池技術開發

1. 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 $\geq 100 \text{ cm}^2$ 。

2. 布局非西門子技術之多晶矽材料太陽電池產品，與開發下一代矽太陽電池。

預期成效

(一)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
 - (1) 發展高聚光高效率 III-V 族化合物半導體太陽電池之磊晶及製程技術能力。
 - (2) 太陽電池能量轉換效率最高可達 43%。
 - (3) 太陽電池的填充因子可達 0.84。
2. 高效率聚光模組設計開發
 - (1) 研製聚光倍率達 1100 倍之聚光模組。
 - (2) 模組效率達到 30%。
 - (3) 聚光模組通過 IEC62108 驗證測試。
3. 大型太陽光追蹤器設計開發
 - (1) 研製太陽光位置感測器、追蹤控制器。
 - (2) 研製 25 kW 級聚光模組承載能力之太陽光追蹤器。
 - (3) 具精確追蹤太陽功能，追蹤精度 $< \pm 0.1$ 度。
4. 系統整合與監控技術精進
 - (1) 完成具有多工、多執行緒設計之監控中心通用層架構。
 - (2) 運用網路插槽(Socket)完成相同及相異作業系統之訊號交換，建立鏈結層及網路層架構。
 - (3) 完成人機介面設計及資料庫建置，建立展示層架構。
 - (4) 完成監控中心自動偵錯及修復復原機制，建立應用層架構。

(二)量子點/高分子太陽電池技術發展

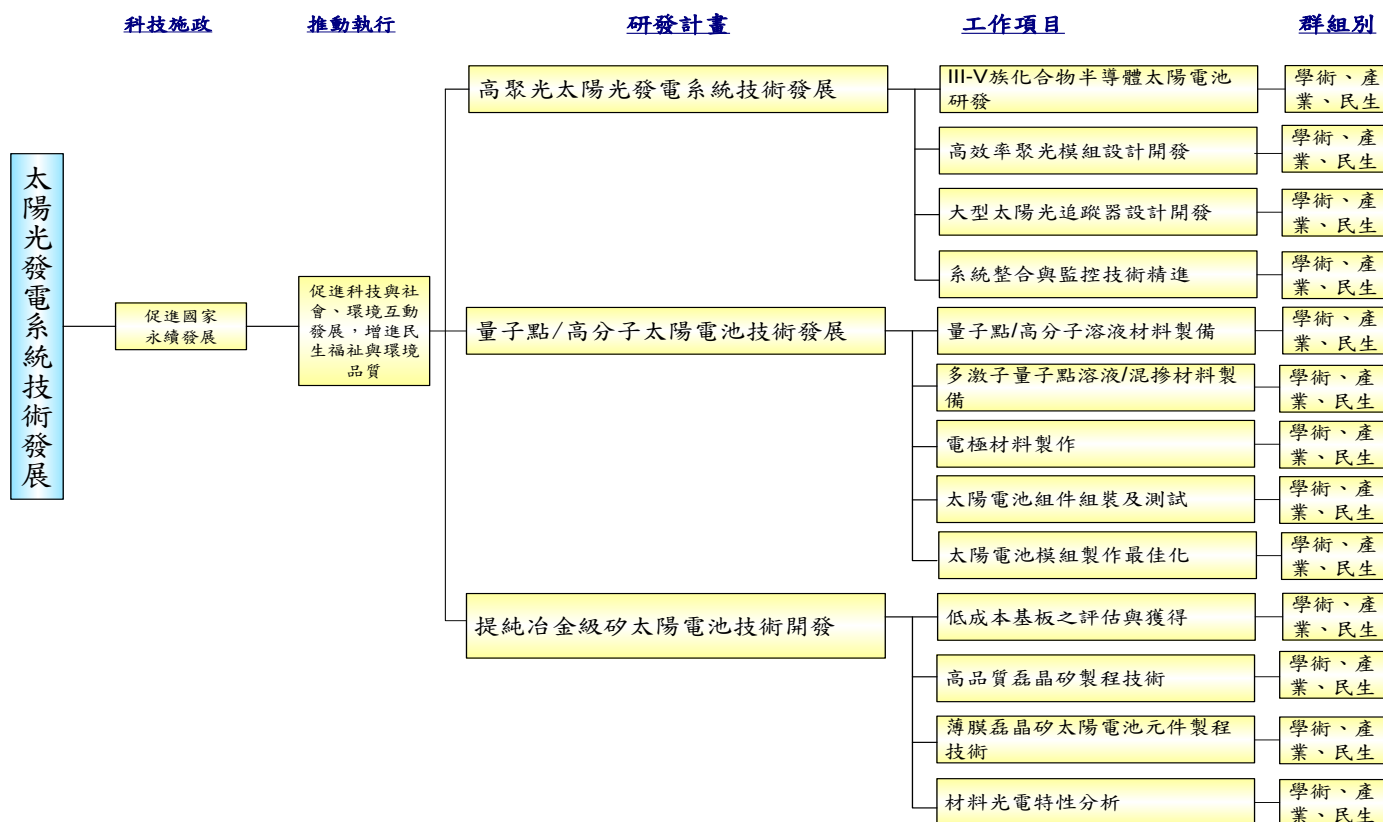
1. 研究與開發具多激子效應(MEG)高量子效率量子點溶液化學製程技術。
2. 建立量子點/高分子太陽電池製程/量測設備與技術。
3. 製作量子點/高分子太陽電池元件，能量轉換效率達 10%。

(三)提純冶金級矽太陽電池技術開發

1. 利用化學氣相沉積方法與設備，開發薄膜矽與光捕捉（light trapping）等相關技術與製程。
2. 結合高品質矽薄膜製程與低成本提純冶金級矽(純度： $\geq 4N-6N$)基板等優點，開發新型薄膜矽太陽電池。
3. 配合具相對低成本與低碳製程優勢的冶金法太陽能級矽材料（純度： $\sim 6-7N$ ）之技術開發與進展，開發提純冶金級矽太陽電池。

4. 太陽電池能量轉換效率 $>10\%$ ，電池面積 $\geq 100\text{cm}^2$ 。
5. 布局非西門子技術之多晶矽材料太陽電池產品，與開發下一代矽太陽電池，結合國內業者合作開發與技轉。

二、計畫架構(含樹狀圖)



三、計畫主要內容

99 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) 開發能量轉換效率 38%以上的太陽電池，可提升單位面積發電量，以有效降低發電成本，將大大提升我國太陽電池產業的競爭力與實用度。
- (2) 發展高效率 III-V 族化合物半導體太陽電池之磊晶及製程技術，可有效掌握聚光型太陽電池的關鍵技術，保持我國在高科技產業上的領先地位與競爭優勢，並加強該產業的自主性與成熟度。
- (3) 提高單一太陽電池模組效率(27%，950 倍聚光倍率)，不僅可減少原物料與材料上的使用，亦可帶動國內產業於太陽電池模組封裝與組裝上技術發展，提升國內太陽電池模組之總產能。
- (4) 開發承載 15 kW 聚光型太陽模組之太陽光追蹤器，追蹤精度 $< \pm 0.2$ 度，作為高精度大型高聚光太陽光追蹤器發展基礎，並達到低耗電、低成本及易於維護目標，可大幅減少大型太陽光發電廠所需安裝之太

陽光追蹤器數量。

- (5) 以多工、多執行緒程式技術開發之中央監控系統可線上診斷系統狀態、分析發電效益及顯示長期發電趨勢，達到有效即時監控、降低維護人力、減少硬體設備需求等目的。

2. 量子點/高分子太陽電池技術發展

- (1) 研究與開發具多激子效應量子點溶液化學製程技術，並應用於量子點/高分子太陽電池製備；多激子效應量子點之加入，其量子點效率可達 200% 以上，將使元件效率有效提升。
- (2) 研究與開發低能隙導電高分子之合成技術；低能隙導電高分子將更有效利用太陽光之紅外光部分，提高元件吸光之範圍，以提高元件效率。
- (3) 建立量子點/高分子太陽電池元件與大面積製程技術。
- (4) 製作量子點/高分子太陽電池元件，能量轉換效率達 3-5%。

3. 提純冶金級矽太陽電池技術開發

- (1) APCVD 磊晶矽薄膜材料與製程技術的開發，磊晶層缺陷密度 $< 10^5 / \text{cm}^2$ 。
- (2) 提純冶金級矽基材表面電漿粗糙化製程，400-1000 nm 波段之光反射率 $< 5\%$ 。
- (3) 研製實驗室級提純冶金級矽太陽電池，光電轉換效率 $\sim 10-11\%$ ，面積 $< 20 \text{ cm}^2$ 。

肆、計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形：

(一)計畫結構與經費

細部計畫 (分支計畫)		研究計畫 (分項計畫)		主持人	執行機關	備註
名稱	經費(千元)	名稱	經費(千元)			
太陽光發電系統技術發展	130,646				核能研究所	國家型
		高聚光太陽光發電系統技術發展	108,912		核能研究所	
		量子點/高分子太陽電池技術發展	14,000		核能研究所	
		提純冶金級矽太陽電池技術開發	7,734		核能研究所	

(二)經資門經費表

預算執行數統計截止日期 99.12.31

項目 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	60,458,000 (60,458,000)		60,458,000 (60,458,000)	46.28% (100 %)	
3.差旅費					
4.管理費					
5.營業稅					

小計	60,458,000 (60,458,000)		60,458,000 (60,458,000)	46.28% (100 %)	
二、資本支出					
1.設備費	70,188,000 (70,188,000)	0	70,188,000 (68,582,157)	53.72 % (97.71 %)	
小計	70,188,000 (70,188,000)	0	70,188,000 (68,582,157)	53.72 % (97.71 %)	
合計	金額	130,646,000 (130,646,000)	0	130,646,000 (129,040,157)	100 % (98.77 %)
	占總經費%				
	$\frac{\text{分配數}}{\text{預算數}}$	100%		(98.77%)	
	$(\text{執行率}=\frac{\text{執行數}}{\text{分配數}})$				

請將預算數及執行數並列，以括弧表示執行數。

與原計畫規劃差異說明：無

二、計畫人力運用情形：

(一)計畫人力(人年)

人力統計截止日期 99.12.31

計畫名稱	執行情形	總人力(人年)	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
太陽光發電系統技術發展	原訂(全年)	65.6	1	7.2	4.3	53.1
	實際	56.4	1.8	4.3	4.3	46
	差異	-9.2	+0.8	-2.9	0	-7.1
1. 高聚光太陽光發電系統技術發展	原訂(全年)	40.4	0	4.2	3.3	32.9
	實際	40.4	0.8	3.4	3.3	32.9
	差異	0	0.8	-0.8	0	0
2. 量子點/高分子太陽電池技術發展	原訂(全年)	14	0	3	0	11
	實際	5.2	0	0.9	0	4.3
	差異	-8.8	0	-2.1	0	-6.7

3. 提純冶金級矽太陽電池技術開發	原訂(全年)	11.2	1	0	1	9.2
	實際	10.8	1	0	1	8.8
	差異	-0.4	0	0	0	-0.4

說明：

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

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

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

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

(二)主要人力投入情形(副研究員級以上)

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
	分支計畫主持人	10 人月 計畫管理	學 歷	
			經 歷	
			專 長	
	分項計畫主持人	10 人月 協助計畫推行及模組開發	學 歷	
			經 歷	
			專 長	
	子項計畫主持人	10 人月 高聚光倍率太陽電池研發規劃與督導	學 歷	
			經 歷	
			專 長	
	子項計畫主持人	10 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	
	子項計畫主持人	9.5 人月 追蹤器及電力系	學 歷	
			經 歷	核能研究所副研究員、助理研究員

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
		統設計開發，子項計畫管理與工作規劃	專 長	
	子項計畫主持人	10 人月 系統整合，子項計畫管理	學 歷	
			經 歷	
			專 長	
	分項計畫主持人	6 人月 協助計畫推行及太陽電池製作開發	學 歷	
			經 歷	
			專 長	
	分項計畫共同主持人	6 人月 協助計畫推行及元件與材料分析	學 歷	
			經 歷	
			專 長	
	分項計畫主持人	12 人月 計畫規劃、執行與管理	學 歷	
			經 歷	
			專 長	

與原計畫規劃差異說明：

本段落屬機密性內容，故不公開

伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含量化成果 output)

一、本計畫重要成果及重大突破

請就本計畫涉及之(1)學術成就(2)技術創新(3)經濟效益(4)社會影響(5)其它效益方面說明重要之成果及重大之突破，以文字方式分列說明。(請依分項計畫列出說明)

A. 學術成就

(一)SCI 期刊論文 12 篇

1. 發表於 JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY，第 7 卷，第 157 期，論著名稱為【Investigation of Surface Passivation on GaAs-Based Compound】。
2. 發表於 J. Phys. Chem. B 2010, 114, 10277 – 10284，論著名稱為【電子束螢光光阻 P3HT/PMMA 之奈米尺度相分離與光學特性研究，Manipulation of Nanoscale Phase Separation and Optical Properties of P3HT/PMMA Polymer Blends for Photoluminescent Electron Beam Resist】。
3. 投稿於 Optimal Control, Applications and Methods，論著名稱為【Optimal Regional Pole Placement for Sun Tracking Control of High-Concentration Photovoltaic (HCPV) System : Case Study】。
4. 投稿於 JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS，論著名稱為【Influence of Rapid Thermal Annealing on Raman Scattering of InN Epilayers】。
5. 投稿於 Journal of Materials Science and Engineering B，論著名稱為【Properties of ZnO films fabricated on Si (100) substrate by atmospheric pressure metal-organic chemical vapor with different temperatures】。
6. 投稿於 Journal of Materials Chemistry and Physics，論著名稱為【Structural and optical properties of ZnO films fabricated on Si (1 1 1) and Si (1 0 0) substrates by atmospheric pressure metal-organic chemical vapor deposition】。
7. 發表於 Thin Solid Films，論著名稱為【Characterizations of gallium-doped ZnO films on glass substrate prepared by atmospheric pressure metal-organic chemical vapor deposition.】。
8. 投稿於 Journal of Vacuum Science & Technology A，論著名稱為【Comparison of ZnO films fabricated on Si(111) and Si(100)

substrates by atmospheric pressure metal-organic chemical vapor deposition】。

9. 投稿於 Energy - The International Journal，論著名稱為【Characteristics of Heat Dissipation from Photovoltaic Cells on the Bottom Wall of a Horizontal Cabinet to Ambient Natural Convective Air Stream】。
10. 投稿於 RENEWABLE ENERGY，論著名稱為【Anticipated Cost Efficiency of Clean Power Plants】。
11. 投稿於 The Journal of Physical Chemistry B，論著名稱為【Manipulation of Nanoscale Phase Separation and Optical Properties of P3HT/PMMA Polymer Blends for Photoluminescent Electron Beam Resist】。
12. 投稿於 Journal of Materials Science and Engineering B，論著名稱為【Properties of ZnO films fabricated on Si (100) substrate by atmospheric pressure metal-organic chemical vapor with different temperatures】：

(二)完成國際研討會論文 5 篇

No. (排名)	論文名稱(中、英文)	所屬計畫名稱	期刊(年份)	卷數/期數/頁次	Impact Factor	屬性
01	Degradation Analysis of High Concentration Photovoltaic Module	太陽光發電系統技術發展	International Conference on Concentrating photovoltaic system(2010)			國外研討會論文
02	New Packing Structure of Concentration Solar Receiver	太陽光發電系統技術發展	International Conference on Concentrating photovoltaic system(2010)			國外研討會論文
03	Demonstration of a 7.5kW 900X HCPV System	太陽光發電系統技術發展	International Conference on Concentrating photovoltaic system(2010)			國外研討會論文
04	Establishment of One MW HCPV System at Taiwan	太陽光發電系統技術發展	International Conference on Concentrating photovoltaic system(2010)			國外研討會論文
05	P3HT/TiO2 混摻有	太陽光發電系統技術發展	25th European			國外研討會

No. (排名)	論文名稱(中、英文)	所屬計畫名稱	期刊(年份)	卷數/期數/頁次	Impact Factor	屬性
	機太陽電池之克爾文探針顯微鏡研究 Study of P3HT/TiO ₂ Nanorods Hybrid Organic Photovoltaic Devices by Kelvin Probe Force Microscope	術發展	Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (25th EU PVSEC) / 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-5) 2010			論文

1. **【Degradation Analysis of High Concentration Photovoltaic Module】**, The Institute of Nuclear Energy Research (INER) in Taiwan had established a 100kW HCPV power generation system in October, 2007. After operating for 16 months, the optical-electro conversion efficiency of the system downgraded from 23.5% to 20.7%. This report analyzes the root causes of HCPV module efficiency degradation and provides some solutions to overcome the problems.
2. **【New Packing Structure of Concentration Solar Receiver】**, This paper presents the purpose of using a new thermal conductivity material and packing structure to solve temperature issues in High Concentration Photovoltaic (HCPV) module devices. In general, the open-circuit voltage of device reduces with the increases of temperature and degrades its efficiency. The new thermal conductivity material silicon have high thermal-conductivity coefficient (149 W/m²K) and steady semiconductor properties which is suitable for application of receiver in HCPV module devices. In this receiver design, the solar cell was soldered on a metal-plate Si substrate with a thicker SiO₂ film which acts as an insulating layer and mounted on an Al-based plate shape heat sink to obtain a better heat dissipation effect. It presents great potential becomes candidate of suitable material to solve thermal issue caused by high temperature for concentration photovoltaic module devices.
3. **【Demonstration of a 7.5kW 900X HCPV System】**, The high efficiency concentrator photovoltaic system utilizing III-V multi-junction solar cells generates the maximum electrical power with the minimum of roof or land space, and lowers the cost of photovoltaic power

generation. Generally speaking, the module efficiency increases with the improvement of the optical efficiency and the heat dissipation. There are more than 20 companies developing and commercializing HCPV systems. But only 5 of them have products with concentration ratio higher than 900X.

In this paper, a 26.6% efficient solar module with 900X concentration ratio is described. Last year, INER has set up 1.5kW, 5kW, and 7.5kW solar system with 476X concentration ratio modules. The field performance data have been gathered everyday. Before the end of this year, a 7.5 kW solar system will be set up with the 900X solar module. It is worth mentioning that we replace the traditional Fresnel lens with “surface-curve” Fresnel lens to increase the optical efficiency. This module generates 121.86W at $\text{DNI}=795\text{W}/\text{m}^2$ with 149g/W. The upper frame is redesigned to minimize the “dead area”. Also the antismudge layer is applied to the surface of the Fresnel lens as the protection against air pollution.

4. 【Establishment of One MW HCPV System at Taiwan】, Despite the sharp economic downturn in 2008, one MW high concentration photovoltaic (HCPV) system designed by Institute of Nuclear Energy Research (INER), Atomic Energy Council, Executive Yuan, Taiwan, is still constructed as planned, at Lujhu township of Kaohsiung county. At the end of 2009, ad hoc system has been established, and which for now is the largest HCPV power plant in Asia. Purposes of building one MW HCPV system are not only to integrate technologies of upper-, mid-, and down-stream of Taiwan HCPV industry, but to conduct the field test to verify the different figures of cells to validate the different modules against outdoor environment. To conform with IEC standard, and to have a certified laboratory qualifying the required tests of CPV module, INER has made lots of efforts on the establishment of module qualification lab, and won the certificate of accreditation from Taiwan Accreditation Foundation, and was granted the IECEE Witnessed Manufacturer's Testing laboratory by UL to provide services with test and qualification on CPV modules for domestic companies.
5. 【P3HT/TiO₂ 混摻有機太陽電池之克爾文探針顯微鏡研究 Study of P3HT/TiO₂ Nanorods Hybrid Organic Photovoltaic Devices by Kelvin Probe Force Microscope】, This is an in depth study on the surface potential changes of P3HT/TiO₂ nanorods bulk heterojunction thin

films. They are affected by interlayer structures, the molecular weight of P3HT, the processing solvents and the surface ligands on the TiO_2 . The addition of electron blocking layer and/or the hole blocking layer to the P3HT/ TiO_2 thin film can facilitate charge carrier transport and result in a high surface potential shift. The changes in surface potential of multilayered bulk heterojunction films are closely correlated to their power conversion efficiency of photovoltaic devices. Changing ligand leads to the largest change in surface potential yielding the greatest effect on the power conversion efficiency. Merely changing the P3HT molecular weight is less effective and varying the processing solvents is least effective in increasing power conversion efficiency. The steric effect of the ligand has a large influence on the reduction of charge carrier recombination resulting in the great effect on the power conversion efficiency. By monitoring the changes in the surface potential of bulk heterojunction film of multilayer structures, we have obtained a useful guide for the fabrication of high p

(三)完成國內研討會論文 2 篇

No. (排名)	論文名稱(中、英文)	所屬計畫名稱	期刊(年份)	卷數/期數 /頁次	Impact Factor	屬性
01	本質層厚度對 P-I-N 結構太陽能電池特性之影響	太陽光發電系統技術發展	綠色科技工程與應用研討會 (2010)			國內研討會論文
02	計算化學於摻雜金屬改質二氧化鈦光觸媒進行水分解之應用	太陽光發電系統技術發展	第 28 屆觸媒與反應工程研討會 (2010)			國內研討會論文

- 發表於綠色科技工程與應用研討會，論著名稱為【本質層厚度對 P-I-N 結構太陽能電池特性之影響】：本文利用有機金屬化學氣相沉積法(MOCVD)在 n 型砷化鎵(100)基板上，成長 P-I-N 砷化鎵型太陽能電池，探討本質層(intrinsic layer)厚度對 P-I-N 太陽能電池效率的影響，實驗發現改變本質層厚度會造成開路電壓(Voc)變化，本質層厚度越薄，開路電壓越大，與短路電流密度(Jsc)皆會變大，主要原因是由於加入本質層後，使得太陽能電池內建電場變強，電子-電洞對分離的能力增加，進而可增加太陽能電池之轉換效率。
- 發表於第 28 屆觸媒與反應工程研討會，論著名稱為【計算化學於摻雜金屬改質二氧化鈦光觸媒進行水分解之應用】：由於能源危機以及溫室效應的影響，以氫氣取代石化燃料已形成未來之趨勢，運用二氧化鈦光觸媒

進行水分解產生氫氣，常利用摻雜金屬改質二氧化鈦光觸媒，試圖改變二氧化鈦能階位置以利用可見光(太陽能)激發光觸媒進行水分解反應。在此研究中，我們利用分子模擬軟體計算摻雜金屬種類與最佳濃度，藉以輔助實驗調整最佳的能階以進行水分解反應。由傳導帶與共價帶相對於水分解能階圖可知摻雜 Pt 或 Pd 金屬其能階位置皆能包含水分解的氧化與還原能階，因此摻雜此兩種金屬原子可以進行水分解反應。摻雜 Pt 與 Pd 金屬後，二氧化鈦的能階皆縮小，綜合離子半徑大小與傳導帶位置考量，摻雜金屬 Pd 或 Pt 選擇中，Pd 為最佳金屬，可能較容易取代 Ti，進而降低能隙有利吸收可見光，以完成水分解反應。

(四)研究團隊養成(跨校、跨組織合作團隊之建立，與業界策略聯盟之規劃建立)

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)博碩士培育

本年度藉由學研合作培訓博士 3 人、碩士 13 人，培育太陽光發電領域人才。

B. 技術創新

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

D.社會影響

1. 經由 III-V 族化合物半導體太陽電池研發計畫的執行，與國內大學及研究機構的交流，並且透過參加重要相關研討會，展示研究成果。宣導太陽光發電的新能源概念，加強一般大眾對潔淨能源的認知，藉以達到教育民眾珍惜能源與愛護地球環境的目的。
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. 協助高雄縣提供低碳社區規劃，裨益高雄縣低碳社區建置評估。
4. 協助國內業者太陽電池、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。
5. 本計畫今年度進用光電、材料與物理等方面人才替代役 3 人，創造就業機會。
6. 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，提昇國家能源安全與自產比例及永續綠色能源的需求等。

E.其它效益

1. 太陽能本身屬於再生能源產業，對於面對全球急速暖化的今日，除了技術本身的應用益於環境，更具有正面的教化意義。由於聚光型太陽光發電系統的生產過程並非全面綠化，因此於開發產品的過程中減少原料的使用，除了降低成本、降低能源回收期的產業意義外，更可進一步降低環境的負擔。本計畫太陽電池磊晶開發過程，極力選擇低耗能與低耗材之製程方式，例如較低的成長溫度與較少的原料使用等，期望該技術能名符其實為再生能源、潔淨能源所應用。
2. 4 月 23 日辛副主持人受邀至高雄應用科技大學參加「2010 綠色能源技術發表會」，會議中進行「高聚光太陽光發電(HCPV)技術發展現況」專題演講，介紹本所在聚光型太陽能發電系統之研發成果，增進產學研各界對高聚光太陽光發電技術發展現況有更深一層的認知。
3. 4 月 16 日、8 月 11 日及 12 月 7 日參加由國際半導體產業協會(SEMI)召開之「HCPV 發展推動小組」會議，該小組成立目的係為加強國內 HCPV 產業垂直整合及國際行銷能力，以加速推動台灣 HCPV 系統和產業的發展。本計畫人員於會議中就 HCPV 產業標準及國際認證推動現況進行簡報，希望協助業界瞭解 HCPV 產業標準及國內之驗證能量，以裨益於我國 HCPV 產業持續發展。

4. 8月19日~8月20日配合九十九年度經濟部工業局太陽電池產業推動培訓計畫，派員擔任聚光型太陽光電技術(CPV)人才培訓班講師，有助於培訓PV產業相關人才。
5. 太陽電池模組驗證實驗室導入國際UL實驗室認可機制，已協助國內多個太陽光電產業執行產品測試服務，有助於國內發展聚光型太陽光發電系統時之性能測試，大幅縮短模組驗證測試時程，將有裨益高聚光太陽光電產業本土生根及吸引業界投入，創造更多就業機會。

本段落屬機密性內容，故不公開

8. 為協助計畫模組組裝與測試工作執行，因應行政院短期就業輔導機制，進用1位技術人員，培訓其具一技之長。

二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破

(一)請依本計畫(涉及)設定之成果項目以量化績效指標方式及佐證資料格式填寫主要之量化成果(如學術成就代表性重要論文、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、重大專利及項數、著作權項數等項目，含量化與質化部分)。
請選擇合適綱要計畫評估之項目填寫初級產出、效益及重大突破

屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
學術成就(科技基礎研究)	A 論文	SCI 期刊：11 篇 國外非 SCI 期刊：1 篇 國際研討會：5 篇 國內研討會：2 篇	1. 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。 2. 研發成果發表於國際知名期刊，提高國際能見度。	

屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	B 研究團隊養成	1. 與中原大學合作建立「III-V 族多接面太陽電池的轉換效率機制」研究團隊。 2. 與國立虎尾科技大學飛機工程系建立「新式 HCPV 太陽電池模組封裝技術開發」研究團隊。 3. 與海洋大學電機系建立「高可靠太陽光追蹤最大功率追蹤控制技術研發」研究團隊。 4. 與萬能科技大學建立「HCPV 系統整合及監控技術精進」研究團隊。 5. 與中原大學建立「提純冶金級矽太陽電池」研發團隊。 6. 與台大材料系合作組成「有機太陽電池」研究團隊。	1. 精進高聚光太陽光發電系統相關技術。 2. 建立高 APCVD 磊晶矽製程技術與其材料光電特性分析等技術能量，開發提純冶金級矽太陽能電池製造技術。 3. 建立量子點高分子太陽電池量測實驗室。	
	C 博碩士培育	參與計畫之執行，共培育博士研究生 3 人，碩士研究生 13 人	1. 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。 2. 研究生畢業後於國內研究單位與業界繼續從事太陽電池研發與生產等相關工作。 3. 培育在太陽電池材料特性與電性分析測試、太陽電池元件研發專業人才，有助於未來計畫的推動，效益顯著。	
	D 研究報告	數量 24 篇	研究成果可提供後續參與人員的參考，及技術傳承。	

屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
技術創新(科技整合創新)	其他	本段落屬機密性內容，故不公開		
	G 專利			
	H 技術報告	19 篇	有助於核研所技術傳承。並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 3 場次。	發表於主要之國際研討會 International Conference on Concentrating Photovoltaic Systems (CPV-6) (1 場次)，促進研發成果交流。	

屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	J 技術移轉	本段落屬機密性內容，故不公開		
	S 技術服務			
	其他			
經濟效益 (產業經濟發展)	L 促成廠商 或產業團體 投資			
	N 協助提昇 我國產業全 球地位或產 業競爭力			
	T 促成與學 界或產業團 體合作研究			

陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)

請依前述重要成果及重大突破說明在該面向成就上價值與貢獻度如：

一、學術成就(科技基礎研究)(權重 20 %)

(一)藉由 SCI 期刊、國際研討會及國內研討會論文發表，促進國內外相關研究單位交流，進而提升我國在聚光型太陽光發電的國際學術研究地位。尤其是參加 99 年 4 月 7 日至 9 日在德國舉辦之第 6 屆 International Conference on Concentrating Photovoltaic system 會議，該會議為國際最為重要之聚光型太陽光電研討會，於會議中發表四篇聚光組件及系統相關之研究成果，對於我國在聚光型太陽光電領域之國際能見度具有顯著貢獻。本計畫參加 99 年 9 月 4 日至 15 日於西班牙舉行之第二十五屆歐洲太陽能國際研討暨展覽會，該展覽參展廠商家數高達 973 家，是目前歐洲規模最大的太陽能電池國際展覽會。於會議中發表 1 篇有機太陽電池相關論文，並於會場與相關之專業人士討論，提高我國在有機太陽電池領域之能見度。其他重要 SCI 期刊及會議論文摘述如下：

1. 發表於 JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY，第 7 卷，第 157 期，論著名稱為【Investigation of Surface Passivation on GaAs-Based Compound】. A promising passivation method for the AlGaAs window layer of GaAs-based compound solar cells using photoelectrochemical PEC oxidation process was investigated. The advantage of this passivation method was attributed to the reduction of interface states between the window layer and oxide layer, and the decrease in original contaminants on the window layer surface by self-oxidation. The conversion efficiency of the solar cell could be improved by more than 3.68% due to the PEC treatment. The obtained results demonstrate that the PEC treatment is an effective low temperature technique for surface passivation, which enhances the performance of GaAs-based compound solar cells.
2. 發表於 Thin Solid Films，vol. 517(18)，pp. 5537-5542，論著名稱為【Characterizations of gallium-doped ZnO films on glass substrate prepared by atmospheric pressure metal-organic chemical vapor deposition.】. Ga-doped zinc oxide (ZnO:Ga) films were grown on glass substrate by atmospheric pressure metal-organic chemical vapor deposition (AP-MOCVD) using diethylzinc and water as reactant gases and triethyl gallium

(TEG) as an n-type dopant gas. The structural, electrical and optical properties of ZnO:Ga films obtained at various flow rates of TEG ranging from 1.5 to 10 sccm were investigated. X-ray diffraction patterns and scanning electron microscopy images indicated that Ga-doping plays an important role in forming microstructures in ZnO films. A smooth surface with a predominant orientation of (101) was obtained for the ZnO:Ga film grown at a flow rate of TEG=7.5 sccm. Moreover, a lowest resistivity of $3.6 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ and a highest mobility of $30.4 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ were presented by the same sample, as evaluated by Hall measurement. Otherwise, as the flow rate of TEG was increased, the average transmittance of ZnO:Ga films increased from 75% to more than 85% in the wavelength range of 400 – 800 nm, simultaneously with a blueshift in the absorption edge. The results obtained suggest that low-resistivity and high-transparency ZnO films can be obtained by AP-MOCVD using Ga-doping sufficiently to make the films grow degenerate and effect the Burstein – Moss shift to raise the band-gap energy from 3.26 to 3.71 eV.

3. 投稿於 JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS，論著名稱為【Influence of Rapid Thermal Annealing on Raman Scattering of InN Epilayers】. We studied the Raman scattering of the InN epilayers with rapid thermal annealing (RTA). The longitudinal optical (LO) phonon in Raman spectrum shifts toward lower frequency and increases asymmetric broadening as the RTA temperature is increased. We suggest that the formation of indium-related defects, such as metallic indium clusters or indium vacancies, are responsible for the change in the asymmetric ratio in the LO mode. The E2 (high) mode in the Raman spectrum does not exhibit significant change after RTA since the indium atom does not involve the E2 (high) mode.
4. 投稿於 Optimal Control, Applications and Methods，論著名稱為【Optimal Regional Pole Placement for Sun Tracking Control of High-Concentration Photovoltaic (HCPV) System:Case Study】. This paper proposes an optimal regional pole placement approach for sun tracking control of high-concentration photovoltaic systems. A static output feedback controller is

designed to minimize an LQG cost function with a sector region pole constraint. The problem cannot be solved by LMI approach since it is a non-convex optimization problem. Based on the barrier method, we instead solve an auxiliary minimization problem to obtain an approximate solution. Simulation results show the benefit of our approach.

5. 投稿於 Energy - The International Journal，論著名稱為【Characteristics of Heat Dissipation from Photovoltaic Cells on the Bottom Wall of a Horizontal Cabinet to Ambient Natural Convective Air Stream】. This study proposes a model to investigate the detailed behaviors of natural convective cooling of photovoltaic cells mounted discretely on the bottom wall of a horizontal cabinet. The effects of thermal interaction between air streams inside and outside the cabinet through the conducting wall are examined. The numerical computation domain covers the cabinet and surrounding area, so that the temperature and velocity fields of the combined regions are solved simultaneously. Results show that the Rayleigh number (Ra), dimensionless length of cabinet (Cx), ratio of cabinet wall to air thermal conductivities (Kef), and number of photovoltaic cells (N) would affect significantly the flow and thermal characteristics. The temperature differences among the photovoltaic cells can be up to 28% for all the investigated cases when $106 \leq Ra \leq 108$, $5 \leq Cx \leq 12.5$, $4 \leq N \leq 10$ and $1000 \leq Kef \leq 6300$. The maximum difference in hot spot temperatures of photovoltaic cells is about 26% among the cases with various Kef . In addition, the temperatures are rather low for the situation without consideration of thermal interaction between the air streams inside and outside the cabinet. Therefore, without the consideration of the thermal interaction would cause serious under-prediction for the hot spot temperatures of the photovoltaic cells in engineering applications.
6. 投稿於 Thin Solid Films，論著名稱為【Carrier-phonon interactions in ZnO polycrystalline】. The energy relaxation of hot carriers in ZnO was investigated by the electric-field-dependent photoluminescence (PL). From the high-energy tail

of PL, the electron temperature of the hot electrons in ZnO was determined. LO phonon emission alone can not explain the relationship between the electron temperature and the electron energy loss rate. Instead, it can be explained by a model based on a combination of both the acoustic and LO phonon emissions. From the temperature dependence of lifetimes of the LO phonons, we suggest that the LO phonon decay primarily into the TO phonon and the LA/TA phonon.

7. 投稿於 RENEWABLE ENERGY, 論著名稱為【Anticipated Cost Efficiency of Clean Power Plants】. This paper is trying to analyze the cost efficiency of two major clean power plants including nuclear power plant and photovoltaic system. There are three interesting differences for these two plants, such as techniques, cost efficiency, and capacity. For sustainable energy development of mankind, people always keep trying to develop multiple techniques for electric utilization. Obviously, photovoltaic system and nuclear power plant are the most reliable and minute pollution techniques for mankind with regard to carbon dioxide emission. The details will be discussed in this paper.
8. 發表於 J. Phys. Chem. B 2010, 114, 10277 – 10284, 論著名稱為【Manipulation of Nanoscale Phase Separation and Optical Properties of P3HT/PMMA Polymer Blends for Photoluminescent Electron Beam Resist】. 此論文開發出一新穎之光螢光電子束光阻, 其組成為 P3HT 和 PMMA。為調整電子束光阻之解析度, 我們調控混摻比例以改變奈米相之型態。當 P3HT/PMMA 比例從 1:5 到 1:50 時, P3HT 的區域大小將會從 350nm 減小到 100nm。此薄膜之吸收將會有藍位移之情形, 從 520 轉變成 470nm。其光螢光之波長會從 660 移到 550nm。隨 P3HT/PMMA 比例下降, 此放光之壽命將會因而減短, 其強度將會提高。這是因為單一 P3HT 的鏈段均勻之分散於 PMMA 薄膜中, 導致量子侷限效應產生。此光螢光電子束光阻最佳之解析度由 13500Da 分子量之 P3HT, 比例為 1:1000 所製備而成。此高解析度光阻可以製備於平坦之矽基板上或是製備於經由 APTMS 處理過塗佈金奈米顆粒之基板上。此新開發之電子束光阻提供了一種簡單而且方便的方法來製備奈米螢光週期結構, 可用於未來各式光電產品之應用。
9. 發表於 Proc. of SPIE Vol. 7603 76031H-1, 論著名稱為【Nanopatterned optical and magnetic $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$

arrays:synthesis, fabrication, and properties】. In the past few years, we have fabricated nanoscale $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ periodic arrays with unique optical and magnetic properties successfully. These periodic patterns were made by $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ resist that can be developed under a nontoxic and environmental friendly manner using pure water. The resist is also capable to exhibit both positive and negative resist behaviors depending on the electron beam dosage. Thus, these special characteristics are used to fabricate and tune periodic structure thin film having controlled optical reflectance properties in the wavelength of 300 nm to 800 nm with one fixed design electron beam pattern by simply changing the electron beam dosage only. Additionally, the magnetization of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ patterns can be enhanced by post sintering the sample at 900 oC after electron beam irradiation. Therefore, our study provides a one-step, simple, and convenient alternative technique for the fabrication of tunable optical structure and nanoscale magnetic patterns, which form the building blocks for the study of optoelectronic and magnetic devices in nanoscale periodic arrays.

10. 發表於 2010, 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (25th EU PVSEC) / 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-5), Valencia, Spain, Sep. 6, 論著名稱為【Study of P3HT/TiO₂ Nanorods Hybrid Organic Photovoltaic Devices by Kelvin Probe Force Microscope】. 此篇論文研究 P3HT/TiO₂ 異質接面薄膜之表面電位。此表面電位受到薄膜結構，P3HT 分子量，製程所使用之溶液與 TiO₂ 表面 ligand 之變化而改變。增加電子阻擋層與電動阻擋層將會提高 P3HT/TiO₂ 薄膜的電子載體移動程度及表面電位的變化量。太陽電池之效率會隨著表面電位的改變而提高。改變表面 ligand 將會大幅度的改變表面電位，導致效率之大幅變化。而改變 P3HT 之分子量對表面電位之影響較小；而改變製程之溶液則影響最小。因此，我們可以利用觀察異質接面薄膜之表面電位變化，來預知太陽電池效率之高低。
- (二) 透過與學界合作分別進行 III-V 族多接面太陽電池的轉換效率機制、新式 HCPV 太陽電池模組封裝技術、高可靠太陽光追蹤最大功率追蹤控制技術，HCPV 系統整合及監控技術精進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 3 人，碩士研究生 13 人，培育國內太陽光發電領域的人才。

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

三

本段落屬機密性內容，故不公開

各界對高聚光太陽光發電技術發展現況有更深一層的認知。

- (五)核能研究所於 99 年度參與國內外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。

	日期	展覽名稱	主辦單位	地點	展出型態	展示目的/效益
1	3 月 21~12 月 31 日	高雄縣產業招商成果博覽會	高雄縣政府	高雄衛武營藝術文化中心	聚光型太陽能發電系統 (1.5kW、5kW)	展示低碳社區示範點，具教育意義，讓學子了解目前環保節能之趨勢，並且將低碳概念帶入家庭。
2	6 月 9 日~11 日	2010 台北國際光電週系列活動	光電科技工業協進會	台北世貿一館	海報、組件、影片、現場解說	向與會的 10 個國際光電組織展示核能研究所 HCPV 研發成果，分享光電科技應用在節能減碳的經驗。
3	9 月 30~10 月 3 日	台北國際發明暨技術交易展覽會	對外貿易發展協會	台北世貿一館	海報、組件、影片、現場解說	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。
4	10 月 25~28 日	台灣國際綠色產業展	對外貿易發展協會	台北世貿一館	海報、現場解說	是近年台灣難得一見的綠能產業大展，展示核能研究所 HCPV 研發技術與驗證服務，加速國內綠能產業之推廣。
6	10 月 26~30 日	台灣國際光電論壇暨展覽會 (PV Taiwan 2010)	對外貿易發展協會	台北世貿一館	海報、組件、影片、現場解說	展示核能研究所 HCPV 研發技術與驗證服務，冀協助相關業者加強產製能力。

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

抄
現

本段落屬機密性內容，故不公開

圖

本段落屬機密性內容，故不公開

填
E-
主

附錄一、佐證資料表

(請選擇合適之佐證資料表填寫，超過 1 筆請自行插入列繼續填寫，未使用之指標資料表請刪除)

計畫名稱：太陽光發電系統技術發展

【A 學術成就表】

中文題名	第一作者	發表年 (西元年)	文獻類別	引用 情形	獲 獎 情形	論文出處
Investigation of Surface Passivation on GaAs-Based Compound		2010	d			journal of the electrochemical society, 7 卷, 157 期, 頁 779~782
Influence of Rapid Thermal Annealing on Raman Scattering of InN Epilayers			d			japanese journal of applied physics
Optimal Regional Pole Placement for Sun Tracking Control of High-Concentration Photovoltaic (HCPV) System: Case Study			d			optimal control, applications and methods(optim contr appl met)
Characteristics of Heat Dissipation from Photovoltaic Cells on the Bottom Wall of a Horizontal Cabinet to Ambient Natural Convective Air Stream			d			energy -the international journal
Carrier-phonon interactions in ZnO polycrystalline			d			thin solid films
Anticipated Cost Efficiency of Clean Power Plants			d			renewable energy
利用 APMOCVD 在不同溫度下於矽基板上沉積 ZnO 薄膜之特性			d	n	n	投稿中
在矽(111)與矽(100)上利用 APMOCVD 沉積 ZnO 薄膜之結構及光學特性			d	n	n	投稿中
利用 APMOCVD 在玻璃基板上沉積摻雜鎵之 ZnO 薄膜			d	n	n	投稿中

特徵						
在矽(111)與矽(100)基板上利用 APMOCVD 沉積 ZnO 薄膜之比較	黃彥欽		d	n	n	投稿中
電子束螢光光阻 P3HT/PMMA 之奈米尺度相分離與光學特性研究		2010	d	n	n	j. phys. chem. b 2010, 114, 10277
Nanopatterned optical and magnetic $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ arrays:synthesis, fabrication, and properties		2010	d	n	n	proc. of spie vol. 7603 76031h-1
Degradation Analysis of High Concentration Photovoltaic Module		2010	f			international conference on concentrating photovoltaic systems (cpv-6)
New Packing Structure of Concentration Solar Receiver		2010	f			international conference on concentrating photovoltaic systems (cpv-6)
DEMONSTRATION OF A 7.5kW 900X HCPV SYSTEM		2010	f			international conference on concentrating photovoltaic systems (cpv-6)
Establishment of One MW HCPV System at Taiwan		2010	f			international conference on concentrating photovoltaic systems (cpv-6)
P3HT/TiO ₂ 混摻有機太陽電池之克爾文探針顯微鏡研究		2010	f	n	n	2010, 25th european photovoltaic solar energy conference and exhibition (25th eu pvsec) / 5th world conference on photovoltaic energy conversion (wcpec-5)
本質層厚度對 P-I-N 結構太陽能電池特性之影響		2010	e			綠色科技工程與應用研討會
計算化學於摻雜金屬改質二氧化鈦光觸媒進行水分解之應用		2010	e			觸媒與反應工程研討會

註：文獻類別分成 a 國內一般期刊、b 國內重要期刊、c 國外一般期刊、d 國外重要期刊、e 國內研討會、f 國際研討會、g 著作專書；引用情形分成 Y1 被論文引用、Y2 被專利引用、N 否；獲獎情形分成 Y 有獲獎、N 否；論文出處列出期刊名稱，卷期，頁(如科學發展月刊，409 期，頁 6-15)

【B 研究團隊表】

團隊名稱	團隊所屬機構	團隊性質	成立時間（西元年）
「III-V 族多接面太陽電池的轉換效率機制」研究團隊	核研所與中原大學	b	2010
「新式 HCPV 太陽電池模組封裝技術開發」研究團隊	核研所與國立虎尾科技大學飛機工程系	b	2010
「高可靠太陽光追蹤最大功率追蹤控制技術研發」研究團隊	核研所與海洋大學電機系	b	2010
「HCPV 系統整合及監控技術精進」研究團隊	核研所與萬能科技大學	b	2010
「提純冶金級矽太陽電池」研發團隊	核研所與中原大學	b	2010
「有機太陽電池」研究團隊	核研所與台大材料系	b	2010

註：團隊性質分成 a 機構內跨領域合作、b 跨機構合作、c 跨國合作、d 研究中心、e 實驗室

【C 培育人才表】

姓名	學歷	機構名稱	指導教授
	a	中原大學電子工程研究所	
	a	國立台灣大學材料科學與工程學系暨研究所	
	a	國立台灣大學材料科學與工程學系暨研究所	
	b	中原大學應用物理研究所	
	b	海洋大學電機工程研究所	
	b	海洋大學電機工程研究所	
	b	中央大學機械工程研究所	
	b	中央大學機械工程研究所	
	b	東華大學光電工程研究所	
	b	中原大學電子工程研究所	
	b	中原大學電子工程研究所	

	b	海洋大學光電研究所	
	b	中原大學電子研究所	
	b	中原大學電子工程研究所	
	b	中原大學電子工程研究所	
	b	國立台灣大學材料科學與工程學系暨研究所	

註：學歷分成 a 博士、b 碩士

【D 研究報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年（西元年）	出版單位
------	------	----------	------

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

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

