

[研究動態報導]

新世代太陽能電池研究動態報導

科技部自然司有機太陽能電池研究量測實驗室
國立中央大學新世代太陽能研究中心 吳春桂

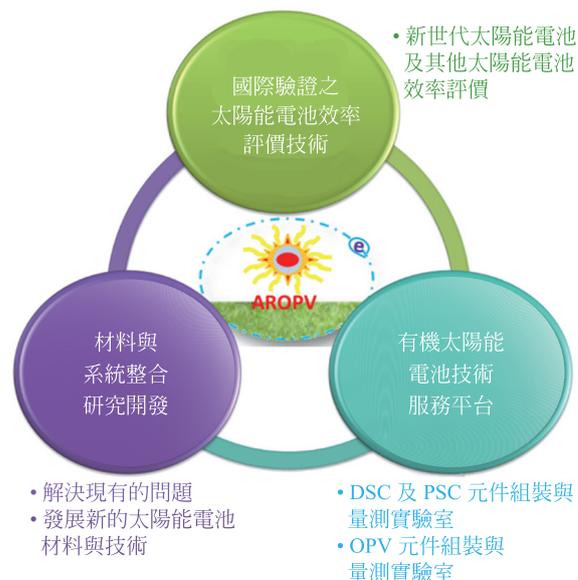
前言

長期以來，科技部一直非常支持太陽能電池相關研究，自然司不但資助各項新材料的開發研製，民國 100 年起並推動「優勢領域主軸計畫」來協助做研究資源的整合與研究領域的持續性深耕，其中的「有機太陽能電池研究量測實驗室」就是專注於新世代太陽能電池研究的「優勢領域主軸實驗室」之一。「優勢領域主軸計畫」採公開徵求計畫的方式，中央大學吳春桂教授所領導的研究團隊，在當時校長蔣偉寧教授大力支持下，在眾多競爭學校中，爭取到將「有機太陽能電池研究量測實驗室」建置在中央大學內，由中央大學新世代太陽能電池研究中心(以下簡稱本中心)負責管理，此實驗室於民國 101 年 3 月 6 日正式啓用。

有機太陽能電池研究量測實驗室(以下簡稱本實驗室)的目標非常明確，是整合研究資源並以創新的太陽能電池學術研究成果，支持、推動國內新世代太陽能電池產業的創新發展，為達到此遠大目標，本實驗室包含三大部分如圖一所示，分別為有機太陽能電池技術服務平台；材料與系統整合研究開發群；國際驗證之太陽能電池效率評價技術建立，以下是三大部分的最新動態報導：

有機太陽能電池技術服務平台

此服務平台包含一個染料敏化太陽電池(Dye-sensitized Solar Cell, DSC) / 鈣鈦礦太陽電池(Perovskite Solar Cell, PSC)元件之組裝與量測實驗室、一個有機太陽電池(Organic Photovoltaics, OPV)元件之組裝與量測實驗室、一個染料敏化太陽電池次模組(Sub-module)之組裝量測實驗室及一個多功能薄膜太陽電池組裝量測實驗室，



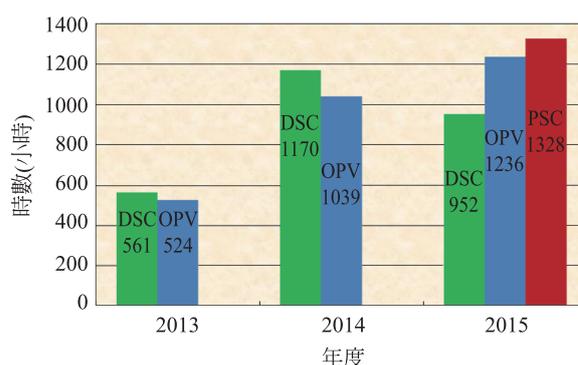
圖一 建置在中央大學內之有機太陽能電池研究量測實驗室所含之三大組成

除了多功能薄膜太陽電池組裝量測實驗室外，目前皆開放給對新世代太陽能電池有興趣的研究者使用，全國國民只要參加並通過中央大學新世代太陽能電池研究中心所開設的相關訓練課程，即能經由「科技部貴重儀器資訊管理系統」登記，前來使用實驗室，實驗室除了有太陽能電池研究所需的相關設備外，也販售研究所需相關材料，換句話說，只要經由「科技部貴重儀器資訊管理系統」登記，學員不需帶任何材料，也可以前來學習太陽電池的組裝與效率量測。圖二是過去三年(2013~2105)，參與本中心訓練課程的學員數，由圖可以看到，需要科技部之「有機太陽能電池研究量測實驗室」協助的研究者越來越多。

圖三是各實驗室開放給外界使用的時間(鈣鈦礦太陽電池組裝與量測實驗室是在 2015 年 3 月才開放使用的實驗室，因此沒有 2013 年及



圖二 過去三年參與中心訓練課程的學員數



圖三 過去三年各實驗室開放給外界使用的時間

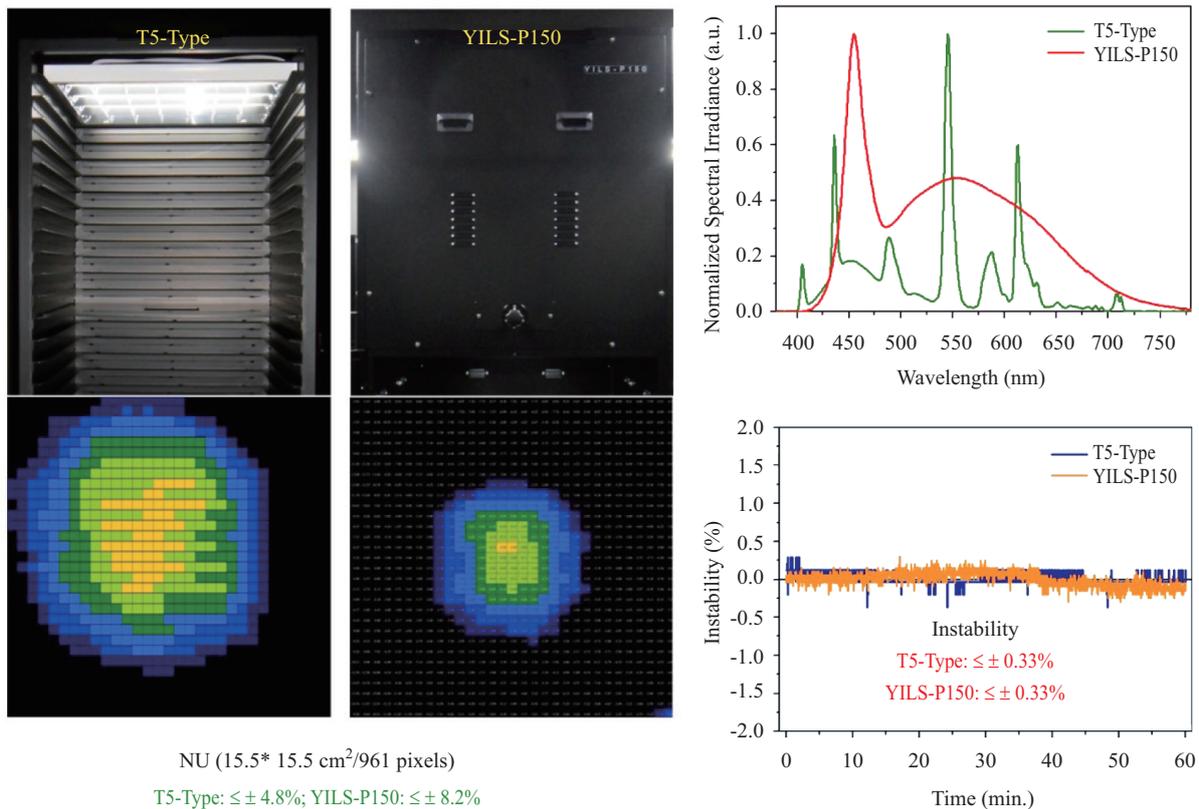
表一 本中心其他研究設備

『委託代測項目』
A. 奈秒時間解析螢光光譜(Nanosecond time-resolved PL) :
B. 微區螢光光譜(Micro PL) :
C. 微區拉曼光譜(Micro Raman) :
D. 瞬態吸收光譜(Transient Absorbance) :
E. 二維 X 光繞射儀(2D X-Ray Diffractometer) :
F. 表面輪廓儀(Surface Profiler) :
代測樣品人員：張勝雄研究員(shchang@ncu.edu.tw ; 03-4227151 ext. 25360)
『研究合作設備』
A. 飛秒時間解析螢光光譜(Femtosecond time-resolved PL) :
激發光源：波長 = 420 nm，脈衝寬度 = 100 fs，脈衝重複率 = 80 MHz，平均功率 = 1 mW~30 mW。
螢光偵測範圍：550 nm-720 nm；600 nm-850 nm。
B. 原子力顯微鏡(Atomic Force Microscope) :
量測模式：Tapping mode（表面形貌與材料相位分布）、Contact mode（導電度與電容分布……等）。
最佳空間解析度：~1 nm。
研究合作聯絡窗口：吳春桂主任（ t610002@cc.ncu.edu.tw ；03-4227151 ext. 25350）
經由訓練後『自行操作之設備』
A. 紫外-可見-近紅外光譜儀（UV-Vis-NIR Spectrometer）:
B. 螢光光譜儀（Fluorescence Spectrometer）:
C. 粒徑分析儀（Particle Analyzer）
訓練聯絡窗口：朱冠宇先生（ ncu25351@ncu.edu.tw ；03-4227151 ext. 25351）

2014 年的統計數據)。從數據明顯的看出鈣鈦礦太陽能電池發展，壓縮了染料敏化太陽能電池的發展，且從今年（2016 年）前三個月的使用統計（沒

放在本文)，有太陽能電池組裝與量測實驗室的使用也大幅減少，而鈣鈦礦太陽能電池組裝與量測實驗室使用時數快速增加，本中心目前正規劃因

Tunable Illuminance range: 150~10,000 lx (T5-Type); 150~15,000 lx (YILS-P150)



圖四 效率驗證實驗室之新型室內光源系統 (T5-Type 和 YILS-P150) 與輸出性能數據

應之道。

除了以上三間實驗室開放給全國使用者外，從 2016 起本中心也開放染料敏化太陽電池(DSC)次模組組裝量測實驗室給全國研究者使用，因為組裝 DSC 模組的成本非常高、時間也長，為了節省資源，只有當研究者所組裝之小元件的光電轉換效率大於 10%時，才能使用 DSC 次模組組裝量測實驗室做大面積元件。也是從 2016 起，本中心的其他研究設備如表一所示，也開放給全國研發人員經由受訓後自行操作、代測服務及合作研發等方式使用，歡迎大家前來使用。

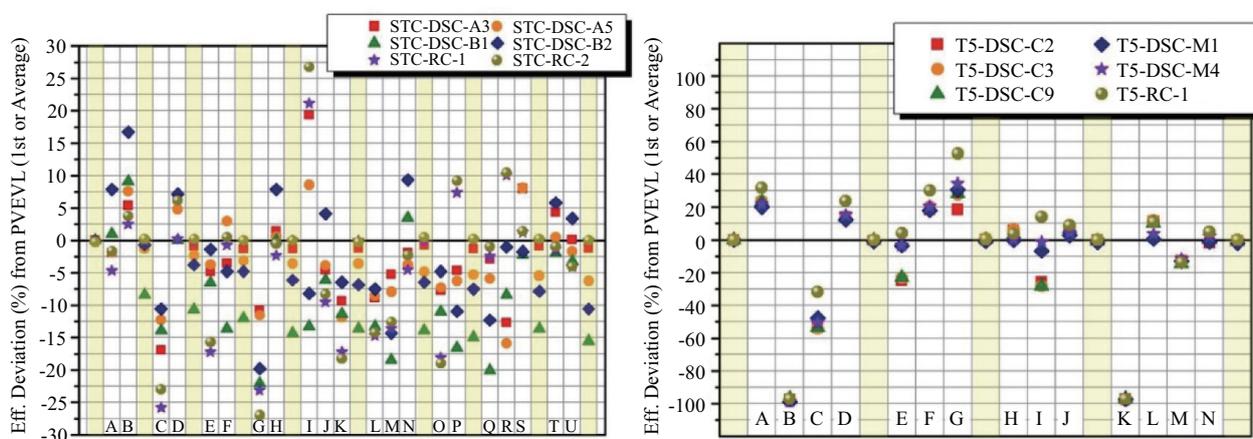
國際驗證之太陽能電池效率評價實驗室

在科技部的大力支持，以及效率評價暨一級基準電池校正國際權威日本產業技術總合研究所(AIST)菱川善博(Yoshihiro Hishikawa)博士與豬狩真一(Sanekazu Igari)博士等人的協助下，已在 2012 年陸續引進國際級效率評價設備與其程序及技術，所建立之太陽能電池效率驗證實驗室(PVEVL)

業已於 2012 年 12 月 25 日公告開始對外提供效率驗證評價(Efficiency Evaluation)與 IV 驗證量測(IV Verification)兩項服務，以協助各界確認各式太陽能電池元件、微模組與次模組的光電轉換效率，因為光伏技術之光電轉換效率($\eta(\%)$)或最大輸出功率(Pmax)等性能參數不僅為相關學術研究發展的關鍵指標，更是後續該技術之商業化產品應用發展的重要參考依據；此外，效率驗證實驗室在 2014 年初亦與日本 AIST 一級校正實驗室完成首次結果比對，確認效率驗證實驗室之 I_{sc} 量測結果的準確性與該單位的一級校正結果相近，證實效率驗證實驗室具有準確評價太陽能電池效率之能力。配合科技部自然司所推動之「新世代光驅動電池技術與產能提升計畫」，本中心特別針對室內弱光條件下，建立新世代光伏電池的各項光伏性能參數驗證評價所需設備與技術，目前已完成兩套光伏電池性能評價等級之新型室內光源系統的建立(圖四)，同時，在科技部自然司與各參與單位的支持協助下，本中心也在 2015 年完成了國內



圖五 光伏電池 IV 量測同儕比對結果說明會暨日本 AIST 菱川博士專題演講與會者合影



圖六 光伏電池 IV 量測同儕比對結果 (左圖為標準測試條件, 右圖則為室內照明弱光條件 (T5 型光源, 600 lx) ; 圖中英文字母表參與實驗室代號, 敝單位之太陽能電池效率驗證實驗室(PVEVL)的量測數據則以黃底表示。

首次大規模「光伏電池 IV 量測同儕比對 (標準測試條件與室內照明弱光條件)」, 並於 2015 年 10 月 15 日針對量測比對結果舉辦公開說明會並邀請光伏電池效率評價權威日本 AIST 菱川博士前來分享經驗 (圖五)。

圖六是 2015 年全國新世代太陽能電池效率量測比對結果的總結, 圖中顯示現階段由於既有之光伏電池效率評價國際標準可能不完全適用於新世代光伏電池, 特別是針對室內弱光條件尚無任何國際規範可依循之下, 以及參與比對單位之量測設備與人員訓練存在差異等諸多因素, 導致量測比對結果出現顯著差異, 因此誠摯地建議國內各學術研究單位在發表研究成果前均應委託一適當之第三單位進行結果之再次驗證, 以更具體地提高研發成果之可信賴度, 本中心也因應此現象

於 2016 年 1 月起開設「光伏電池光電轉換效率量測訓練」課程, 並將於近期開始提供「室內弱光條件之光伏電池 IV 量測驗證服務」, 誠敬邀請各界參與使用, 如對光伏電池之光電轉換效率量測有任何問題, 歡迎與本中心陳家原助理教授 (chiayuan@ncu.edu.tw) 討論交流。

材料與系統整合研究開發

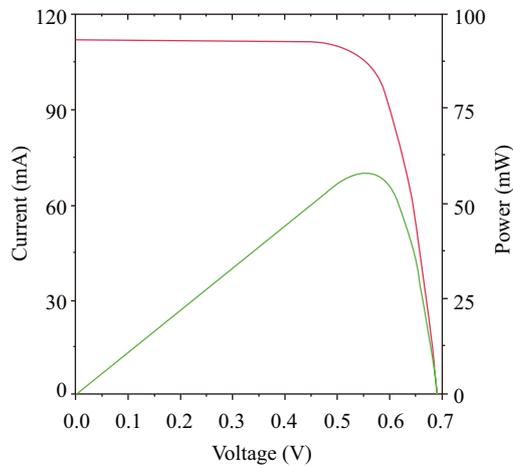
整合研究開發團隊目前除了技轉 DSC 用染料及電極之技術給業界外, 本中心研究團隊所組裝的 5 cm × 5 cm DSC 微小模組的驗證效率達 8.7% (圖七), 為國內目前有驗證之最高效率。在濕式有機太陽電池研究方面, 可組裝出效率達 8.3% 的元件, 技術達國際水準。在鈣鈦礦太陽能電池的研發, 本中心研究團隊使用高分子太陽能電池常



EFFICIENCY EVALUATION

AM 1.5G (IEC 60904-3 Ed.2)
IEC 60904-1 HFSS-IV

Date: 2013/07/10

Sample ID: RCNPV-M1
Data No.: IV-24

Repeat Times: 9

Sweep Mode: Isc to Voc

MIrr. 99.7 mW/cm²
MTemp. 25.0 °C

Isc	111.93	mA
Voc	0.689	V
F.F.	75.3	%
Pmax.	58.082	mW
Ipmax.	104.24	mA
Vpmax.	0.557	V
Area (da.)	6.658	cm ²
Jsc	16.81	mA/cm ²
Efficiency	8.7	%

圖七 本中心研究團隊所組裝的 5 cm × 5 cm DSC 微小模組的驗證效率



Bulk heterojunction perovskite-PCBM solar cells with high fill factor

Chien-Hung Chiang¹ and Chun-Guey Wu^{1,2*}

An inverted bulk heterojunction perovskite-PCBM solar cell with a high fill factor of 0.82 and a power conversion efficiency of up to 16.0% was fabricated by a low-temperature two-step solution process. The cells exhibit no significant photocurrent hysteresis and their high short-circuit current density, fill factor and efficiency are attributed to the advantageous properties of the active layer, such as its high conductivity and the improved mobility and diffusion length of charge carriers. In particular, PCBM plays a critical role in improving the quality of the light-absorbing layer by filling pinholes and vacancies between perovskite grains, resulting in a film with large grains and fewer grain boundaries.

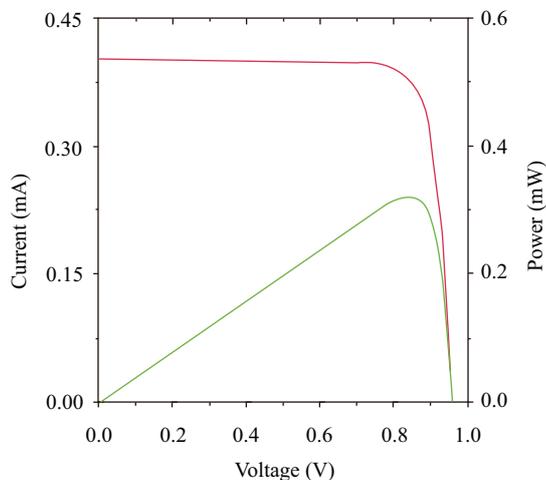
圖八 本研究團隊發表在 Nature Photonics 的文章



RCNPV I-V VERIFICATION

AM 1.5G (IEC 60904-3 Ed.2)

Date: 2015/11/24

Sample ID: RCNPV-Perovskite-O-8
Data No.: 20151124-S1-IV-3i

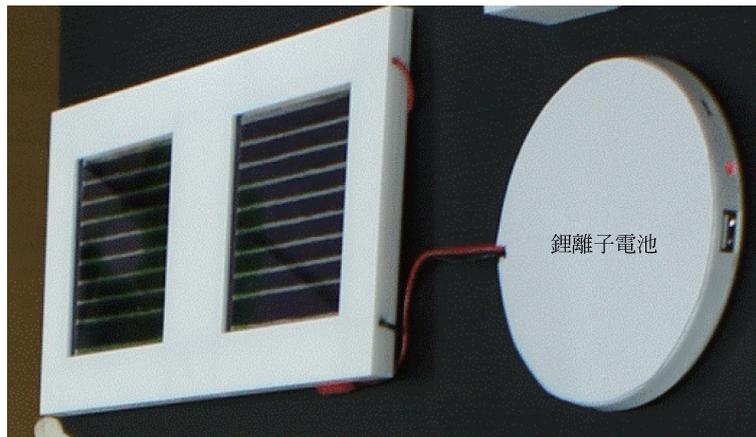
Repeat Times: 1

Sweep Mode: Isc to Voc

MIrr. 100 ± 1 mW/cm²
MTemp. 25 ± 1 °C

Isc	0.402	mA
Voc	0.961	V
F.F.	83.0	%
Pmax.	0.321	mW
Ipmax.	0.380	mA
Vpmax.	0.844	V
Area (ap.)	0.0201	cm ²
Jsc	20.00	mA/cm ²
Efficiency	16.0	%

圖九 本中心研究團隊所組裝的鈣鈦礦太陽能電池驗證效率



圖十 鈣鈦礦次模組元件，在室內燈光照射下正對鋰離子電池充電

2014年7月16~17日

國立中央大學
新世代太陽能電池
研究中心

科技部
有機太陽能電池
研究量測實驗室

成果發表記者會
研討會

2015/9/09
新世代太陽能電池先進技術研討會

Device

Verification

Sub-module

Material

Efficiency Measurement Lab

OPV Research Device Lab

Facilities

主辦單位：國立中央大學新世代太陽能電池研究中心
協辦單位：國立中央大學化學系、
國立中央大學化學工程與材料工程學系、
國立中央大學光電科學與工程學系
指導單位：科技部
會議地點：國立中央大學國典光電大樓 1F國際會議廳
會議日期：2015年 09月 09日
報名費用：免費
報名方式：請參閱<http://www.ncu.edu.tw/~ncu25352/>，
下載報名表並寄至shchang@ncu.edu.tw (張勝雄博士 收)

研討會主題
有機太陽能電池與模組 (OPV)
染料敏化太陽能電池與模組 (DSSC)
鈣鈦礦太陽能電池與模組 (Perovskite solar cell)
新世代太陽能電池結構設計與應用搭配
新世代太陽能電池在
弱光環境下之應用

圖十一 民國 103 及 104 年所開研討會之海報

用的塊材異質界面(Bulk heterojunction)概念來組裝反式鈣鈦礦太陽能電池，效率達 16%，最重要是元件的填充因子高達 82%，這在 2014 年是一個大突破，因此成果在投稿一年半被在光電專業領域中最頂尖的雜誌 Nature Photonics 所接受發表

(見圖八)，同時元件的光電轉換效率也被驗證為 16% (圖九)。過去兩年本中心之研究團隊陸續發展出效率高達 20%的反式鈣鈦礦太陽能電池元件，及效率大於 15%的鈣鈦礦太陽能電池次模組，在反式鈣鈦礦太陽能電池的研發，全球第一。

鈣鈦礦太陽能電池有其特別的吸光特性，非常適合在室內光源下的應用，本中心所研發的鈣鈦礦次模組元件，在一般室內燈光照射下，可以對鋰離子電池充電（見圖十），信息在今年三月揭露後廣受業界青睞，目前正與業界商談相關的合作。

除了做頂尖的研究外，本中心也定期舉辦研討會，與國內新世代太陽能電池的研究者做學術交流，2014年7月16~17日舉辦新世代太陽能電池成果發表記者會及研討會（見圖十一左），2015年9月9日舉辦新世代太陽能電池先進技術研討會（如圖十一右）。

未來規劃

新世代太陽能電池是一個全新的光伏電池科技，它的應用不限於大規模的產電，也旁及各種3C產品的應用，中央大學新世代太陽能電池研究中心除了做前瞻的研究外，並將研究成果轉成教材，適時的藉由科技部的「有機太陽能電池研究量測實驗室」傳給全國對相關領域有興趣的研究者，達到培育綠能人才的目的。目前本中心正將研究導向研發可生產商品的技術與專利，以協助業界開發新產品，促進綠能相關產業的發展，充分發揮科技部「有機太陽能電池研究量測實驗室」的功能，歡迎對新世代太陽能電池有興趣的人與我們聯絡，本中心網站：<http://in.ncu.edu.tw/ncu25352/>。