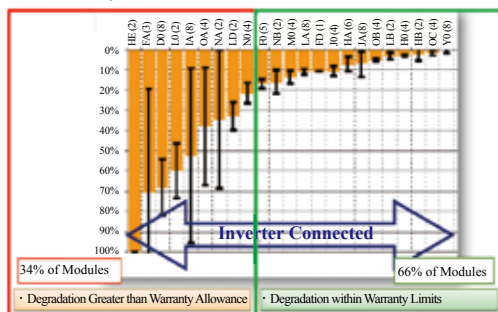


太陽光電可靠度試驗技術與趨勢發展

綠能科技為世界各國爭相發展之重點項目，我國太陽光電科技發展上，雖然快速躍升成為全球主要太陽電池生產國家，但隨著高轉換效率、低成本等兩大前提下，許多新材料、新技術的導入便衍生壽命可靠度等議題。對於太陽能發電系統業者而言，太陽光電模組需要具有長期穩定電源供應且能抵抗外在環境氣候變化的能力，儘管國際間對模組品質已訂定一系列檢驗標準，但相關產品測試證明是無法確認其壽命時間。根據EU JRC研究機構之研究報告顯示(圖一)，通過IEC認證過之太陽光電模組在經過戶外實證20年後，將近34%其功率衰減超過20%，超過原本太陽光電模組當初20年功率衰減不超過20%之保固，顯示IEC標準並無法滿足現在太陽光電使用者之需求。

然而，今日在模組產品的保固內容已經從10年維持90%發電功率與20年維持80%發電功率，發展到更長的保固時間，隨之而來的問題就是如何對產品進行加速壽命測試來驗證產品之耐候性與可靠度。然而，現有IEC 61215標準測試卻只能提供產品早期失效的相關訊息，無法對產品長期使用的情形做任何評估。鑒於此，美國

103 Modules, 20 Manufacturers Outdoors for About 2 Decades



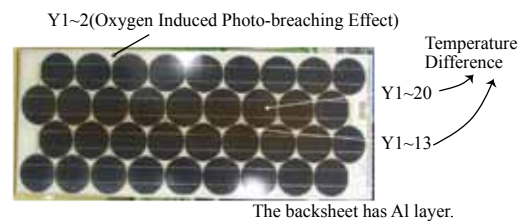
資料來源：JRC

▲ 圖一 太陽光電模組於戶外運作20年之功率損失率比較

國家再生能源實驗室(NREL)與其他機構合作，於2013年共同發展並提出九項加嚴測試，目的就是讓太陽光電模組產品長期可靠度能夠不斷提升。可是，如同其他第三方測試內容，NREL所提出的方案依然需要經過數個月，甚至一年時間來進行單一產品測試，對業者來說，這樣的時間與成本都不符合效益。因此，各國際研究單位也正積極開發一可信賴之太陽光電加速壽命測試技術。以下就針對目前工研院量測中心太陽光電技術團隊所建立之技術進行說明。

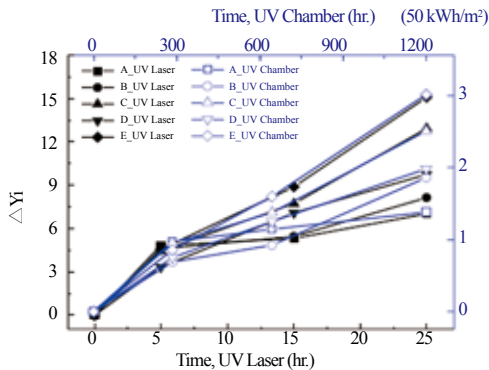
太陽光電封裝材料 加速老化測試技術

目前模組常見之失效模式大多為封裝議題，而封裝材料的老化為矽晶太陽光電模組在戶外實際運作中造成電池模組開始老化的主要原因之一，而矽晶太陽光電模組中最常使用乙烯-醋酸乙酯共聚物(Ethylene-vinyl Acetate Copolymer; EVA)，在玻璃與電池間做為黏合之透明封裝材料，且EVA因長時間曝曬於陽光下，材料分子間鍵結被短波長UV光打斷，造成材料變質及黃化(圖二)，進而導致太陽光電模組劣化，此種長時間曝曬造成的老化，不易在短時間內以標準UV曝曬方式得到驗證。



資料來源：Mitsui Chemicals, Inc.

▲ 圖二 戶外曝曬17年之太陽光電模組黃化的情形

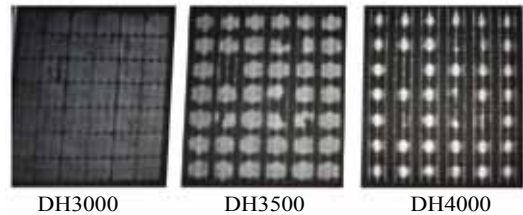


▲ 圖三 UUV加速老化與傳統UV老化之黃化結果比較

因此，工研院量測中心太陽光電技術團隊在經濟部能源局的經費支持之下，開發加速老化測試技術(Ultra UV; UUV)，主要透過短波長脈衝UV雷射光來進行EVA老化，希望透過高強度UV光來模擬長時間戶外曝曬情形(圖三)，以EVA-A樣品為例，採用傳統UV試驗(光強度在50 kWh/m²)需要長達1,200小時，若使用UUV加速老化測試技術，則需要25小時，即達到相同的黃化係數變化，可大幅縮短測試時間。應用此技術可以快速檢驗業界產品於研發階段以及換料等耐候性議題，不僅可減少其新型材料測試的成本，也可大幅縮短新型產品驗證上市的時間，提供太陽光電業者在可靠度評估之解決方案及測試驗證服務。

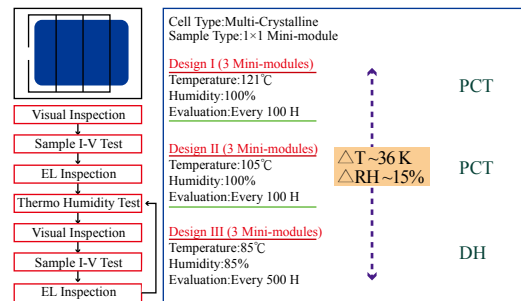
太陽光電模組壓力鍋測試技術

最常用來檢驗模組可靠度之測試為IEC 61215中的濕熱(Damp Heat)試驗，其試驗環境溫度為85°C相對濕度為85%，透過長時間高溫高濕環境來驗證模組封裝與抗水氣能力，而IEC標準中所規定之測試時間為1,000小時，因此很多業者為求差異化，紛紛進行長達2,000、3,000，甚至4,000小時之濕熱試驗(圖四)，透過功率檢測與EL影像分析來判斷模組失效之情形。但是由於測試時



資料來源：AIST

▲ 圖四 太陽光電模組經過長時間濕熱試驗之EL影像圖



▲ 圖五 太陽光電模組PCT加速老化測試SEMI標準發展方案

間最長可達一年之久，不利太陽光電業者進行產品研發與換料評估。因此國際研究機構開始採用半導體封裝常見之PCT技術來進行模組可靠度測試技術研究。

工研院量測中心太陽光電技術團隊透過測試(Damp Heat Test)與壓力鍋蒸煮試驗(Pressure Cooker Test)，利用關鍵的溫度與濕度因子來快速了解太陽光電模組產品的長期耐候性，同時進一步分析產品失效模式(圖五)。實驗中，透過定時的模組產品效能標定、電致螢光測試與視覺檢測等方式，以連結這兩種環境試驗關係與其老化模型，對太陽光電模組產品之封裝可靠度進行快速的評估。

太陽能電池抗PID測試技術

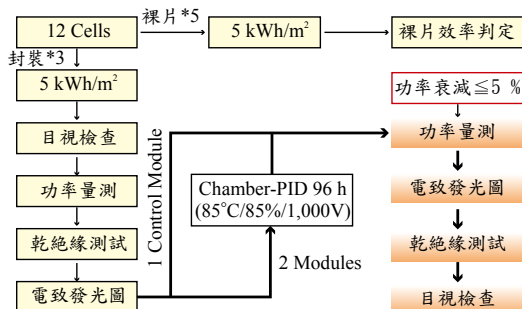
針對國際上熱烈關注之太陽光電模組PID(Potential Induced Degradation)議題，目前國內業界之太陽光電模組對於抗PID的主



▲ 圖六 太陽能電池抗PID測試封裝

要解決方式有兩種，一為採用高體阻率抗PID之EVA，另外則是選用抗PID之太陽能電池來進行模組封裝，根據本技術團隊研究顯示，若採用抗PID之EVA材料封裝，在經過長時間（大於300小時）PID測試之後，還是會有功率衰減超過5%之可能性；若從太陽能電池製程技術著手，則可以避免PID效應發生，而我國太陽能電池產能為全世界第二大，勢必面臨買家要求提供具抗PID之太陽能電池。為此，本技術團隊設計一測試方案來驗證太陽能電池是否具備抗PID之特性（圖六）。

本試驗採用不具抗PID效果之EVA來進行封裝，並採用IEC 62804 Draft之測試流程（圖七），但將測試條件改成環境溫度為85°C、相對溼度為85%，以及測試時間為96小時，以功率衰減不超過5%為標準。本試驗一共採用國內電池業者所生產之8種產品來進行封裝，結果如表一所示，其中有2種電池的抗PID效果較差，其原因是由於抗反射層鍍膜之調控雖然可以改善抗PID效果，但會影響最佳轉換效率，再加上這兩種產



▲ 圖七 太陽能電池抗PID測試流程

▼ 表一 太陽能電池抗PID測試結果

電池種類	A	B	C	D	E	F	G	H
功率衰減	1.60%	≥5%	1.50%	1.50%	4.60%	1.80%	2.60%	2.10%

品為多晶矽太陽能電池，轉換效率提升已經不易，故無法在抗反射膜層之調控使電池具備較佳之抗PID效果。

結語

業界為增加發電效率與降低成本，紛紛投入高效率電池與新材料導入等相關技術研發，但往往遇到模組認證以及長期耐候性等可靠度議題，同時國際上太陽光電工程標案紛紛要求廠商提供第三公正單位之模組與系統的實證數據。本技術團隊所建立之UUV加速老化技術，可在數天之內獲得等同於傳統UV老化試驗之黃化結果，大幅縮短研發時程，加速業者高值化產品量產，除此之外，本技術團隊也持續開發其他加速老化測試技術以提供業者客製化之太陽光電產品可靠度與耐候性評估服務；此外，為解決國內產業新技術與材料之太陽能電池測試問題，技術團隊除定期參與IEC與SEMI國際標準組織，並運用實驗室所研發之測試技術與國際太陽光電專家進行最新標準研究，可提供國內太陽光電業者最新發展趨勢與驗證技術服務，同時可促使我國太陽光電產業技術水準加速與國際接軌。

聯絡資訊：

工研院量測中心 太陽光電計量實驗室

陳震偉、黎宇泰、蔡閔安、吳鴻森

Tel:(03)591-9065 E-mail:saumine@itri.org.tw

Tel:(03)591-6468 E-mail:YTLi@itri.org.tw

參考文獻

1. IEC 61215, Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules-Design qualification and type approval.
2. Koehl, M., et al. "Development and application of a UV light source for PV-module testing," Proc. 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2009
3. Y. T. Li, et al. "Accelerated degradation test of EVA in PV modules by UV pulse laser" Proc. 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2013
4. Hoffmann, S, & Koehl, Michael "Influence of humidity and temperature on the potential induced degradation," Proceedings of 27th EU PVSEC, pp. 3148-3151, 2012.
5. Haidan Gong, Guofeng Wang, Minge Gao and Jiangsu, Wuxi "DEGRADATION MECHANISM ANALYSIS OF DAMP HEAT AGED PV MODULES" Proc. 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2012
6. Nagel, H., Pfeiffer, R., Raykov, A. & Wangemann, K., "Lifetime warranty testing of crystalline silicon modules for potential-induced degradation," Proceedings of 27th EU PVSEC, pp. 3163-3166, 2012.
7. Koch, S., Nieschalk, D., Berghold, J., Wendlandt, S., Krauter, S., & Grunow, P., "Potential induced degradation effects on crystalline silicon cells with various antireflective coatings," Proceedings of 27th EU PVSEC, pp.1985-1990.
8. Peike, C., et al. "Non-destructive degradation analysis of encapsulants in PV modules by Raman Spectroscopy." Solar Energy Materials and Solar Cells 95.7 (2011): 1686-1693