



金能獎太陽光電產品的高性能及可靠度 驗證技術

The Verification Technology of High Performance and Reliability for
Taiwan Excellent PV Products

詹宗樺 Z. H. Zhan^{1,4}、盧冠伍 K. W. Lu²、謝卓帆 C. F. Hsieh³、
彭成瑜 C. Y. Peng⁵

工研院(ITRI) 量測技術發展中心 ¹兼任研究助理、²副工程師、³正研究員/經理
國立勤益科技大學(NCUT) 電子工程系 ⁴研究生、⁵助理教授

摘要/Abstract

太陽光電產品有賴於高性能及可靠度驗證技術，本文介紹國際與國內的測試規範差異，包含三種實施規範：國際電工委員會(IEC)、經濟部標準檢驗局的高效能太陽光電模組技術規範—自願性產品驗證(VPC)、經濟部能源局舉辦的優質太陽光電產品評選—金能獎。在此測試規範階層中，即符合國際IEC產品驗證可進入市場，國內VPC進一步把關高值化之高效能自願性產品，最終能在VPC多數高值化產品中評選出少數優質金能獎產品，實施方式是利用更嚴苛的可靠度驗證技術。金能獎帶領國內高值化的技術升級，朝向國際發展M6以上的電池大尺寸趨勢。文中呈現近三年金能獎在太陽光電產品的可靠度驗證與提升技術，比較差異並呈現2021年最新的關鍵項目：複合試驗、光暨高溫誘發衰減試驗(LeTID)、銅加速醋酸鹽霧試驗(CASS)，亦針對台灣海島型氣候環境、沿海高腐蝕性問題，以期評選出最適合台灣使用之太陽光電產品。

Photovoltaic products are relative to performance and reliability verification technology. This paper introduces the specification differences between international and domestic tests, including three implementation specifications: IEC (International Electrotechnical Commission), high-efficiency photovoltaic productions-Voluntary Product Certification (VPC), from the Bureau of Standards, Metrology and Inspection, MOEA, and VPC product selection (Taiwan Excellent PV award) from Bureau of Energy, MOEA. The products can enter the market according to international IEC standard verification, and domestic VPC will request the product value with high-performance and reliability. VPC products will eventually be able to select to become Taiwan Excellent PV award products among VPC products. The realized implementation method is to use a series technology of performance and reliability verification. The Taiwan Excellent PV leads the technology trends of the domestic high-performance and reliability products, towards to large-size technology above M6 dependent on the international development in recent year. The high performance and reliability technologies are presented to compare the



differences in the recent three years. In 2021, three key items of Taiwan Excellent PV award are represented by Compound Test (IEC TS 62782:2016 standard), Light and Elevated Temperature Induced Degradation (IEC TS 63342 (draft) standard) and Copper Accelerated Acetic Acid Salt Spray (CASS) test (ASTM B368-09 standard). For Taiwan's island climate environment with high temperature, high humidity and high salt in the coastal area, the high performance and reliability technologies lead to the improvements of corrosion problem in order to select the most suitable products for Taiwan.

關鍵字/Keywords

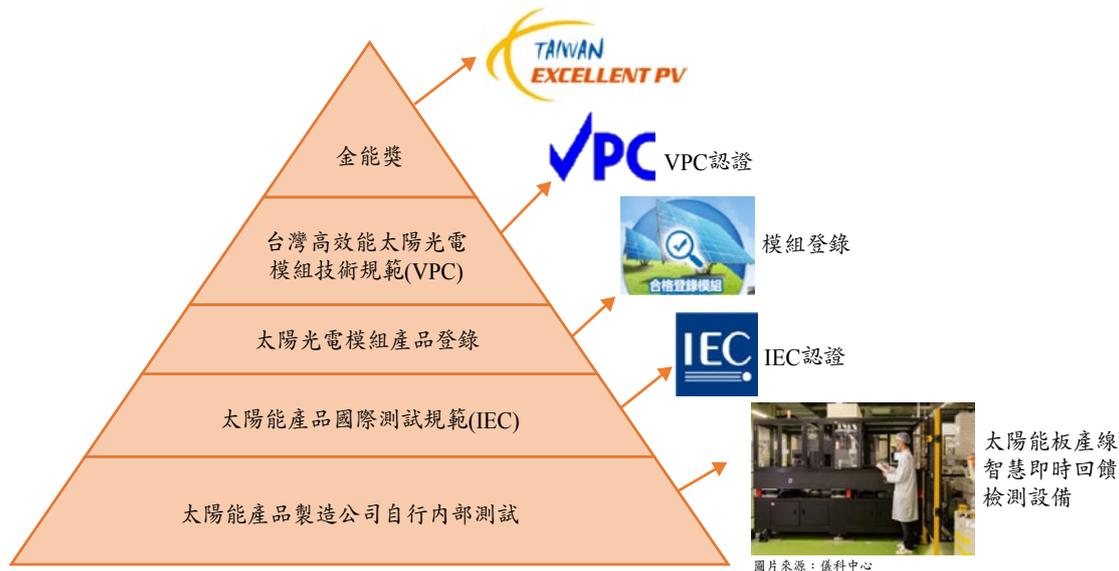
金能獎(Taiwan Excellent PV)、太陽光電(Photovoltaic)、認證規範(Certification Standard)、可靠度(Reliability)

前言

金能獎(Taiwan Excellent PV)為目前台灣優質太陽光電(Photovoltaic)產品最具指標性的評選活動，是經濟部能源局於102年起委託工研院量測中心舉辦，至今(110)年已是第九屆。從金能獎可以探討太陽光電產品的方向，以及需要重視的問題。近年來政府積極推動再生能源的布建，以達成2025年再生能源發電量占20%之目標⁽¹⁻²⁾，乃因順應減緩地球暖化的世界潮流和降低空氣污染。以我國使用太陽光電產品來看，最常見的天然災害如地震及颱風等，應會增加太陽光電運維成本，同樣也必須探討何謂高效能太陽能電池與模組，以及了解相關太陽光電系統的成本分析⁽³⁾。金能獎主要把關太陽光電產品的品質，針對模組及電池方面進行測量電性效率及轉換效率⁽⁴⁾，測試內容皆是模擬實際案場發電時，太陽能系統會遇到的情況，包含戶外高溫高濕的環境變化⁽⁵⁻⁶⁾、太陽能電池長時間使用電致

衰減分析⁽⁶⁻⁷⁾，以及IEC TC82上所探討之光暨高溫誘發衰減議題，在高溫、高濕加入定電流循環測試的情形⁽⁸⁻¹⁰⁾。

金能獎的測試規範依據國際太陽光電技術更新調整，此外，今年新納入的變流器測項，即是因變流器放置在戶外自然會衍生出相關老化腐蝕的問題⁽⁹⁻¹⁰⁾，因此將變流器納入金能獎測試。變流器最主要測項為銅加速醋酸鹽霧試驗⁽¹¹⁾，其模擬上述戶外環境的影響並評估變流器可靠度是否足夠，其使用壽命是否能維持在規定內，整體來說為使太陽光電系統達到所預期20~25年的壽命⁽¹²⁻¹³⁾，就必須經過嚴謹的測試。且在今年第九屆金能獎中，是以IEC國際規範的測試方法去制定，同時納入CNS認證，另外今年也加入必須要提供標檢局的VPC證書才能完成金能獎的報名。由此可見，對於金能獎基本的門檻是建立在國際規範之上，藉由高標準且更謹慎的角度去看待每一項產品。



▲圖一 國內太陽光電產品測試規範階層

金能獎介紹

1. 關於金能獎

「金能獎」是目前台灣最具規模的太陽光電產品評選活動，金能獎舉辦的目的即是將這些通過法規認證的產品，做進一步的加嚴測試，讓金能獎代表一項高規格的標準。對於製造方可以成為產品的附加價值，另一方面除了教育消費者使其了解現有法規認證，也透過金能獎了解各項測試內容，甚至是金能獎更多未來性的考量。目前太陽光電產品若符合國際IEC產品驗證即可進入市場(如圖一)，由國際IEC、國內VPC及金能獎來進一步把關，最終能在多數高價值產品中評選出少數優質金能獎產品。

2. 國際IEC規範、國內VPC及金能獎測試規範比較

太陽光電產品測試規範比較如表一所示，表格主要整理出國際IEC、標檢局VPC、金能獎目前參照的規範，並比較(電池、模組、變流器)測試規範內容以及實際測試操作的差異。對於太陽光電產品國際IEC、標檢局VPC、金能獎三者都有各自的一套標準以及測試規範，特別是在可靠度(Reliability)驗證方面，因應規範的不同，試驗進行的強度也會進行變動。國內廠商可進行送驗，以評估自家產品的能力，藉由此送驗模式，增進產線及研發的技術。

3. 第九屆金能獎-對應未來大尺寸趨勢

因應「太陽能矽晶圓大尺寸來臨，逐漸淘汰較小尺寸矽晶圓」，經濟部能源局(金能獎主辦單位)鼓勵國內業者生產高價值產品。在電池規格(圖二)方面，目前業者陸續將太陽能電池產線由G1升級為M6電池



▼表一 110年太陽光電產品測試規範(國際IEC、標檢局VPC、金能獎)之比較

規範 測試	國際 IEC	經濟部標檢局 VPC	金能獎
安全	IEC 61730-1 IEC 61730-2	IEC 61730-1: 2004 (或 CNS 15118-1) IEC 61730-2: 2004 (或 CNS 15118-2)	IEC 61730-1: 2004 (或 CNS 15118-1) IEC 61730-2: 2004 (或 CNS 15118-2)
性能	IEC 61215: 2005	IEC 61215: 2005 CNS 15114 (96年版)、 CNS 15115 (96年版)	IEC 61215: 2005 CNS 15114 (96年版) 或更新標準
鹽霧	IEC 61701: 2011 或 IEC 61701 ED3: 2020	IEC 61701: 2011 或 CNS 15196 (103年版) Severity 6	IEC 61701: 2011 或 CNS 15196 (103年版) Severity 6
濕熱	IEC 61215: 2005 Test Procedures 10.13	IEC 61215: 2005 Test Procedures 10.13 (或 CNS 15114-13 (96年版))	IEC 61215: 2005 Test Procedures 10.13 (或 CNS 15114-13 (96年版))
熱循環	IEC 61215: 2005	IEC 61215: 2005 (或 CNS 15114 (96年版))	IEC 61215: 2005 (或 CNS 15114 (96年版))
電致衰減	IEC TS 62804-1: 2015 (共96小時)	IEC TS 62804-1: 2015 (共96小時)	IEC TS 62804-1: 2015 (共300小時)
複合	IEC TS 62782: 2016 振動測試 DML ($\pm 1,000$ Pa) IEC 61215: 2005 Test Procedures 10.12節 (HF10) IEC 61215: 2005 Test Procedures 10.11節 (TC50)	無此測試項目	IEC TS 62782: 2016 振動測試 DML ($\pm 2,000$ Pa) IEC 61215: 2005 Test Procedures 10.12節 (HF10) IEC 61215: 2005 Test Procedures 10.11節 (TC50)
光暨高溫 誘發衰減	IEC TS 63342 (草案)	無此測試項目	IEC TS 63342 (草案)
變流器 安全	IEC 62109-1 (2010年版)、 IEC 62109-2 (2011年版)	IEC 62109-1 (2010年版)、 IEC 62109-2 (2011年版)、 CNS 15426-1 (100年版)、 CNS 15426-2 (102年版)	IEC 62109-1 (2010年版) → IEC 62109-2 (2011年版) → CNS 15426-1 (100年版)、 CNS 15426-2 (102年版)
併網	IEC 61727: 2004	CNS 15382: 107	CNS 15382: 107
電磁相容	IEC 62920: 106	IEC 61000-6-3 (2011年版) 或 CNS 14674-1~3: 95、 CNS 14674-4: 105	IEC 61000-6-3 (2011年版) 或 CNS 14674-1~3: 95、 CNS 14674-4: 105
銅加速 醋酸鹽霧	無此測試項目	無此測試項目	ASTM B368-09

片。原因是①M6可以降低矽片、電池片成本，從而讓模組成本也降低；②相同的電站規模下，組件尺寸愈大，所需組件的數量愈少，可減少對應的支架、匯流箱及電纜成本和運輸安裝。

如表二可得結論為M6模組每平方公分價格較G1便宜，且最大功率較高。其模組每平方公分價格的計算方法，是以同家T公

司所生產的G1電池模組與M6電池模組相比較，結果為M6電池較有優勢。

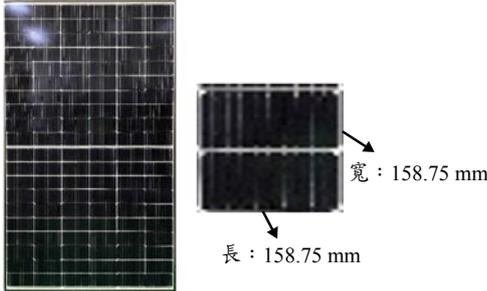
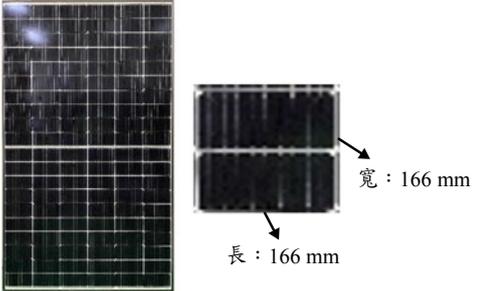
金能獎評選重點試驗項目介紹

1. 複合試驗(Compound Test), IEC TS 62782:2016規範

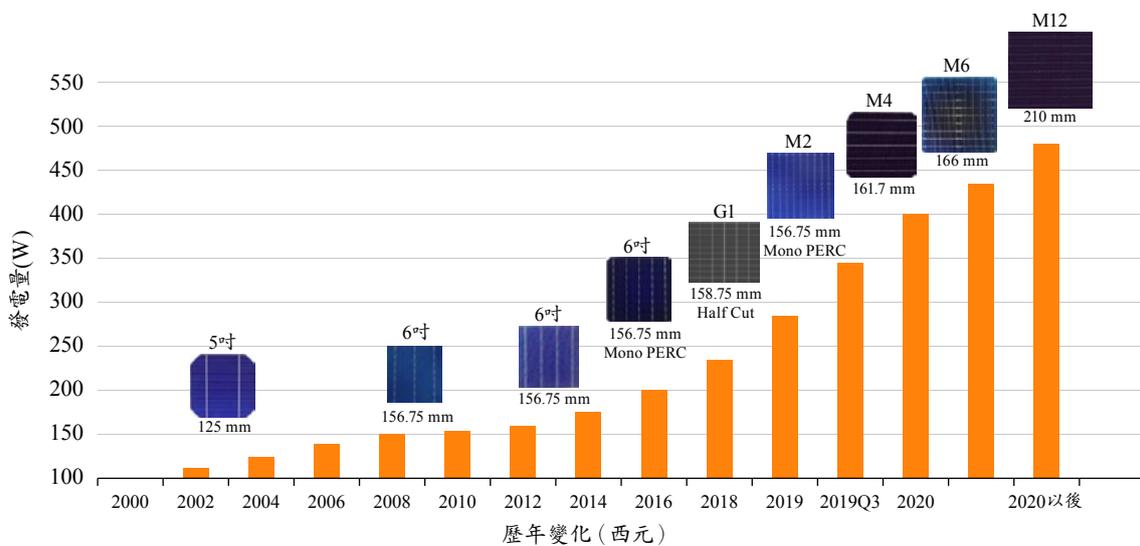
圖三為複合試驗規範測試流程，主要



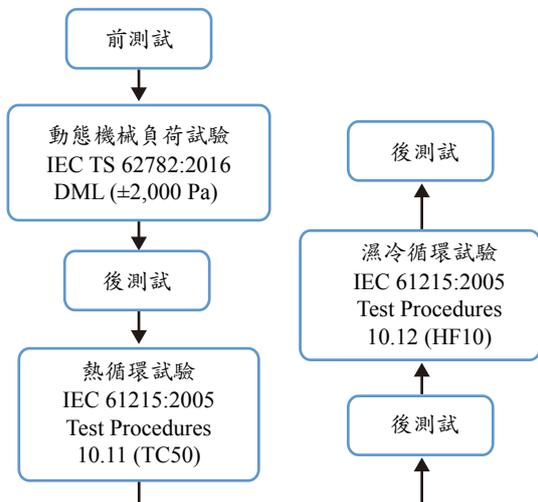
▼表二 G1尺寸電池模組與M6尺寸電池模組差異之比較

	G1電池的模組	M6電池的模組
半切模組示意圖		
模組尺寸	2,028 mm × 1,002 mm × 40 mm	2,094 mm × 1,038 mm × 40 mm
最大功率	415 W	425 W
每瓦價格*	0.232 (USD)	0.238 (USD)
模組總價	2676.30 (TWD)	2740.78 (TWD)
模組面積	20320.56 (cm ²)	21735.72 (cm ²)
每平方公分	0.1317 (TWD)	0.1293 (TWD)
結論	單位面積價格估算為0.1317 (TWD/cm ²)	單位面積價格估算為0.1293 (TWD/cm ²)
	比較結果M6模組每平方公分較G1便宜，且最大功率較高	

*模組平均價格參考網站：Energy Trend
325~335/395~405 W Mono PERC Module 每瓦價格為0.232 (USD/Wp)
355~365/430~440 W Mono PERC Module每瓦價格為0.238 (USD/Wp)



▲圖二 太陽能矽晶圓歷年發展進程圖

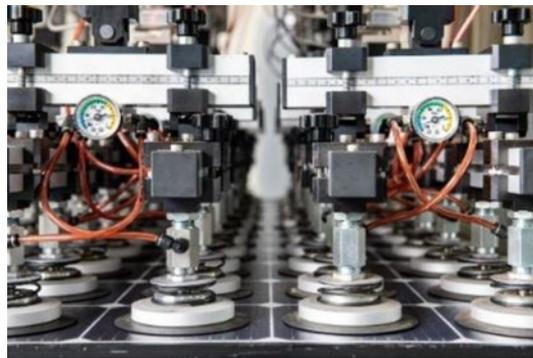


▲圖三 複合試驗測試流程

分為5個測試步驟：①前測試；②動態機械負荷測試；③熱循環測試；④濕冷凍測試；⑤後測試。在金能獎評選中將測試強度提高，各單項功率衰減應 $\leq 5\%$ ，且全測項整體總功率衰減必須 $\leq 8\%$ 。而基本前測試及後測試主要用來當作模組的判定功率衰減差異。動態機械負荷試驗如圖四所示，規範採用機械負荷試驗機（施加壓力 $\pm 1,000$ Pa，1,000次循環，每分鐘1至3次循環），而金能獎對Pa數要求為 $\pm 2,000$ Pa，均勻動態機械負荷，一分鐘10次循環，該測試可評估模組是否可能因應力而失效。

2. 光暨高溫誘發衰減試驗(LeTID), IEC TS 63342 (草案) 規範

LeTID (Light and Elevated Temperature Induced Degradation)，稱為「光暨高溫誘發衰減」，主要是在描述太陽能電池及模組在光照及高溫過程中所引起的功率衰減現象。光暨高溫誘發衰減測試是今年新加入

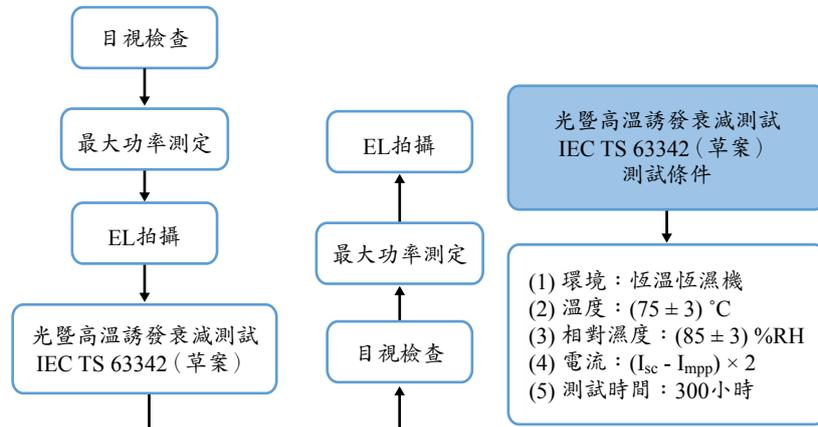


▲圖四 動態機械負荷實際測試圖

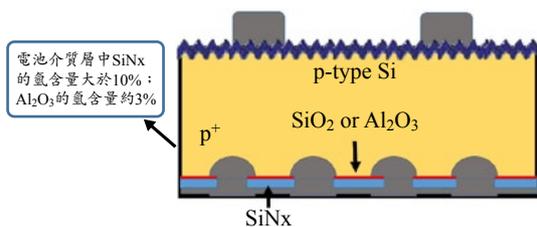
的測試項目，其參照IEC TS 63342 (草案) 測試，主要測試流程如圖五。LeTID產生原因如圖六所示，因照光後產生的電子電洞與高溫催化之間作用，使電池內的氫原子擴散並與晶體缺陷產生新的複合物(BH)而導致效率衰減。而高溫 75°C 為LeTID光衰最嚴重之測試條件，金能獎測試是在高溫 $75 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 及高濕 $85 \pm 3\% \text{RH}$ 的情況下，注入 $2 \times (I_{sc} - I_{mpp})$ 的電流並持續每個循環300小時（至少兩次循環）以進行加速LeTID測試的方法。

3. 銅加速醋酸鹽霧試驗(CASS), ASTM B368-09規範

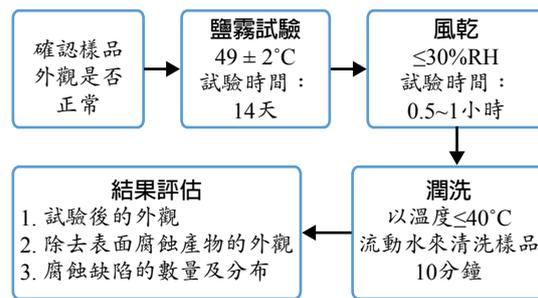
太陽光電系統用變流器之銅加速醋酸鹽霧試驗流程說明如圖七所示，此項試驗主要針對變流器的金屬外殼來做銅加速醋酸鹽霧試驗，今年加入此項目原因為沿海環境中水氣、鹽分會形成腐蝕性空氣，造成腐蝕的情況也越來越被重視。此銅加速醋酸鹽霧測試主要目的，是探討金屬暴露鹽污染條件下的影響。酸化鹽溶液、乾燥條件和高濕度時期參照ASTM B368-09規



▲圖五 光暨高溫誘發衰減測試流程



▲圖六 LeTID產生衰減原因



▲圖七 銅加速醋酸鹽霧測試流程

範做測試，測試試劑氯化銅(II)二水合物 (CuCl₂·2H₂O)之pH應在3.1和3.2之間。

高腐蝕性環境容易造成部分太陽光電模組組件性能降低，因鹽化等作用使金屬部件遭腐蝕，以及使保護塗層與塑膠等部分非金屬材質之性質劣化，並形成永久性損壞。臺灣依大氣腐蝕環境分類準則(如表三)，大於C4等級以上稱為CX，若金屬試片的腐蝕速率大於ISO 9223規定之C5級腐蝕速率上限值之區域，則以紅色表示(如圖八)。而金能獎在變流器測試項目為針對變流器外殼的金屬(鎂、鋁、鋅)烤漆，進行抗腐蝕能力試驗(如圖九)，比中性鹽霧的

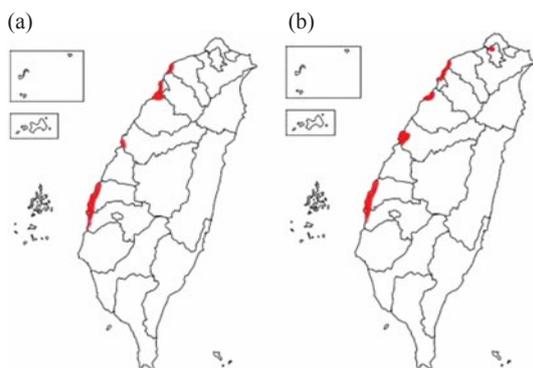
氧化能力快8倍，而破壞之主要作用來自氯離子，氯離子會破壞金屬的鈍態，本試驗以橫截面技術評估其適用性與受損機制。

結語

總體而言，本文透過比較國際與國內的測試規範差異，深知國際電工委員會(International Electrotechnical Commission; IEC)及經濟部標準檢驗局的高效能太陽光電模組技術規範—自願性產品驗證(Voluntary Product Certification; VPC)，以及經濟部能源局舉辦的優質太陽光電產品評

▼表三 大氣腐蝕環境分類

腐蝕環境	實例室外	實例室內
C1 (非常低)	無	空氣乾燥與污染不明顯環境 例如：辦公大樓/學校/旅館
C2 (低)	低污染大氣環境，鄉村	溫溼度變化、水氣冷凝與低空氣污染環境 例如：運動館/車站
C3 (中)	微量氯離子或中度污染大氣環境，城市區/低開發工業化區/受濱海微影響區	中等溼度與低度空氣污染廠房 例如：釀造廠/酪農場/洗衣房
C4 (高)	中度氯離子或高度污染大氣環境，工業區/濱海區	高溼度與高度空氣污染之廠房 例如：化學工廠/游泳池/製船廠
CX (工業區)	高溼度與大氣嚴重腐蝕之工業區	經常性高度空氣污染環境
CX (濱海區)	高度氯離子散布之濱海與近海岸區	經常性高度空氣污染環境



▲圖八 台灣地區CX等級金屬腐蝕嚴重區域，(a)鋁；(b)鋅

選一金能獎，對於太陽光電產品都有各自的一套標準以及測試規範，因應規範的不同，試驗進行的強度也會進行變動。國內廠商可進行送驗，去評估產品的能力，藉由此送驗模式，增進產線及研發的技術。

金能獎在面對M6以上大尺寸發展的趨勢下，為太陽光電產品提供高性能及可靠度驗證技術的服務。而金能獎是為國內太陽光電產品設置之評選活動，以協助驗證太陽光電產品品質，包含發電功率、減



▲圖九 金屬不同程度的腐蝕失效圖

低成本及可靠度試驗，今(110)年新增光暨高溫誘發衰減試驗(LeTID)及銅加速醋酸鹽霧試驗(CASS)，測試目的都是為了評估模組、電池、變流器的可靠度及耐候性，像是在光暨高溫誘發衰減試驗(LeTID)，可對應到實際太陽能電池或模組因照光後產生的電子電洞與高溫催化導致之效率衰減；而銅加速醋酸鹽霧試驗(CASS)，可對應到環境對金屬的影響，暴露在鹽污染下，會加速腐蝕的情形。目前金能獎也持續不斷提高合格門檻，或是加入新測試項目，這也是推動台灣製造的產品朝高值化升級的原因。☞



參考文獻

1. Aidan Tuohy, John Zack, Sue Ellen Haupt, Justin Sharp, Solar Forecasting: Methods, Challenges, and Performance, 2003
2. Mehreen Gul, Yash Kotak, Tariq Muneer, Review on recent trend of solar photovoltaic technology, May 19, 2016
3. Nathan S. Lewis, Toward Cost-Effective Solar Energy Use, Feb 09, 2007
4. Photovoltaic devices - Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics, IEC 60904-1, Sep. 2006.
5. F. Kersten, P. Engelhart, H.-C. Ploigt, A. Stekolnikov, Degradation of multicrystalline silicon solar cells and modules after illumination at elevated temperature, Solar Energy Materials and Solar Cells, 142 (2015), pp. 83-86
6. Priyanka Singh, Temperature dependence of solar cell performance—an analysis, Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 101, June 2012, Pages 36-45
7. Volker Naumann, Dominik Lausch, Stephan Großer, “Microstructural Analysis of Crystal Defects Leading to Potential-Induced Degradation (PID) of Si Solar Cells”, Volume 33, 2013, Pages 76-83
8. Jan Schmidt, Dennis Bredemeier, Dominic C. Walter, On the Defect Physics Behind Light and Elevated Temperature-Induced Degradation (LeTID) of Multicrystalline Silicon Solar Cells, IEEE, Nov. 2019
9. LID and LeTID Impacts to PV Module Performance and System Economics, DRAFT Analysis DuraMAT Webinar, December 14, 2020
10. Cheng-Wen Kuo, Ta-Ming Kuan, Yi-Han Chao, Min-An Tsai, Hsin-Hsin Hsieh, Wei-Lo Chueh, Li-Guo Wu, Cheng-Yeh Yu, Impact of the Combination-Accelerated Stress Testing for 4 Solar Cell Mini Modules, June.2019
11. 羅俊雄，劉益雄，台灣地區金屬材料大氣腐蝕現況，工業材料雜誌305期，2012年5月
12. 林江財，探討太陽光電系統的耐候性與可靠度，2012年
13. IEC 61215 Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules - Design and Type Approval, International Electrotechnical Commission, 2005.