

當再生能源遇上循環經濟

高效能易拆解太陽能光電模組

2020年全球再生能源新增裝置容量再創新高，能源可以再生，產生能源的裝置能再生嗎？工研院研發的「高效能易拆解太陽能光電模組」突破傳統太陽能板難以回收的痛點，讓太陽能板各組成材料有效分離，為廢棄太陽能板注入循環經濟新商機，榮獲2021年「全球百大科技研發獎」入圍肯定。



工研院研發「高效能易拆解太陽能光電模組」突破傳統太陽能板難以回收的痛點，採用雙層結構的封裝膜，讓太陽能板各組成材料有效分離。

撰文／唐祖湘

從高處俯瞰，屋頂上、空地間，在陽光照射下晶亮如海的太陽能光電模組，靜靜地讓光能轉換成電力。作為再生能源重要供應源之一，退役後的光電模組難以低成本純化回收，大量廢棄就產生另外的環境問題。環保署估計，2023年全臺將產生約1萬公噸廢棄太陽能板，2035年後預計每年將超過10萬公噸，數量持續增長，若未經過妥善處理或被隨意拋棄，對生態環境恐有負面影響。

突破封裝膠合方式 高值零組件完整回收

1片太陽能板設計壽命約20到30年，臺灣目前尚未進入太陽能光電模組的回收期，但回顧2017年尼莎與海棠二颱侵臺時，雲林、屏東等地甫建置完的太陽能板受損嚴重，產生大量廢棄太陽能板，如何回收再利用，一度成為社會關注焦點，產業紛紛動員找尋解方。然而早在10年前，工研院便觀察到傳統太陽能板光電模組在回收上的挑戰，為及早因

應未來的爆量廢棄問題，提前展開研究。

工研院材料與化工研究所副所長賴秋助表示，傳統太陽能板的組成，是以高交聯熱固聚合物封裝膠（EVA）將電池片與各層材料黏合起來，封裝在玻璃面板與背板之間，此舉雖然可將各項材料牢牢黏合，足以抵擋戶外長期的風吹日曬雨打，卻也造成太陽能板光電模組廢棄後難以分離及分類純化回用，因此多採廢棄物低成本妥善處理概念行事，即回收時將拆框模組破碎，再進行簡易物理分選回收，破碎後材質混雜嚴重，特別是原先高價值的太陽電池片，一經破碎混雜，純化變得困難，低成本與高回收價值的機會瞬間降低。

於是，工研院研發團隊從設計源頭導入循環經濟的概念，以「重新定義」（Redefine）及「重新設計」（Redesign）的方式投入新型太陽能板研發，進行相關技術布局及啟動小型材料測試計畫。經過研發團隊不斷測試研究後，成功導入易拆解的創新材料與結構設計，完成全球首創「高效能易拆解太陽能光電模組」技術。導入該技術所製成的太陽能板，兼具耐高溫、高濕、耐UV等優良太陽能板應具備的基本效能外，最重要的是，進入資源回收端可完整拆解，解決過去廢棄太陽能板的回收的技術與經濟難題。

探究這項易拆解模組與傳統模組的關鍵差異，在於封裝膠合方式。傳統模組封裝時使用單層EVA或PO，易拆解模組的封裝膜則採用雙層膜結構，一層材質為EVA或PO，另一層材質為「熱塑彈性體塑膠」（TPE），由於此高分子合成材料具有遇冷硬化、遇熱融化的特性，當業者拆解太陽能板時，只需透過溫度調控，即可讓各層材料自行脫落，重新變回零組件再使用，此拆解過程既不會增加製程工

序，也不會增加成本。

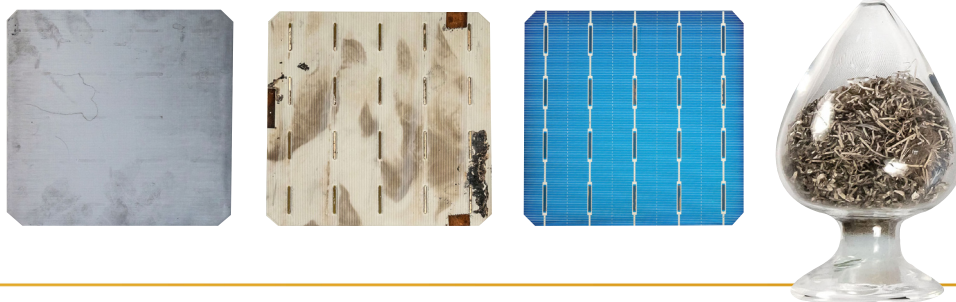
減少碳排放量 回收價值翻倍

賴秋助進一步說明，經拆解回收的完整電池片，經由分離純化技術，會得到高純度的再生矽晶片，可以再次回用新太陽能電池的製作，玻璃面板也可完整保留，重新轉用建材與辦公傢俱，將汰役太陽能板做到最大幅度的循環利用，徹底落實循環經濟的理念。

此外，太陽能光電模組除了玻璃、鋁框、塑膠和矽晶主要材質，也包含鋅、銀、銅等金屬成分，搭配工研院的「分解與綠色濕法有價金屬提取技術」，能夠有效回收模組中的有價金屬。例如可將電池片電極線上的銀完整取出，高純度的銀讓回收效益翻倍，預估每百萬瓩（GW）的新型易拆解模組建置回收效益，可從12億元翻倍為24億元，大幅提升未來回收誘因。

「除了經濟價值，易拆解太陽能板的技術更具有環境永續的意義，」賴秋助指出，由於矽晶片的製造流程長，由挖取石英礦原料開始，一路由做成冶金級矽、西門子多晶矽、重熔拉製單晶錠、到切片，全程不但材料耗損、直接碳排與耗電量皆高。易拆解太陽能模組可將完整電池片從模組中分離出來，再還原再生矽晶片，取代常規高耗能高碳排生產程序，大幅創造環保價值。

這項十年磨一劍的研發成果，目前已在基隆嶼、澎湖及臺南沙崙綠能科技示範場域等地區進行實測，工研院也與太陽能領導廠聯合再生能源及膜材大廠三芳化學等業者展開相關合作，未來將持續加速與擴大推行該技術規模化與國際化，開啟臺灣太陽能產業新機會與循環經濟新榮景。■



搭配工研院的「分解與綠色濕法有價金屬提取技術」，能夠有效回收太陽能光電模組中的有價金屬。圖由左至右為回收電池片、再生電池片以及回收銀線。