

太陽能節能玻璃之研發 及其在綠建築之應用

文・圖／楊錦懷

地球暖化日趨嚴重，全球都在努力降低碳排放。建築耗能產生之溫室氣體更是其中之大宗，根據歐盟調查，建物之耗能約占全球各種民生耗能之40%，尤以製造傳統電力所產生之二氧化碳與室內冷氣空調所產生之氫氟碳化物（HFCs）為兩大主要溫室氣體，因此最新之建築理念為讓建物本身可產生再生能源並降低建築耗能，也就是說建物所須能源來自本身外殼之太陽能，並同時降低空調耗能，達到電力自給自足，這才是降低地球暖化之具體展現。

三機一體

最新之建築理念為降低建築仰賴外來能源，轉向再生能源並降低建物耗能，達到電力自給自足。個人所主持之太陽能與節能建築研究團隊，獲教育部頂尖計畫補助，成功研發出世界第一片結合自潔、隔熱與發電三機一體之太陽能玻璃。首先，此光電玻璃之外部表面塗佈奈米光觸媒，可分解表面污染物，住戶不必再為玻璃不易清洗而煩惱。其次，還能有效隔絕太陽光產生之輻射熱，減少冷氣使用。且其紫外線穿透率為零，可保護室內之人員與傢俱不受紫外線傷害；紅外線穿透率亦為零，有效隔絕室外熱源。加上還能發電，可大幅降低對臺電之供電需求。此研發之關鍵技術在於將“Off-module Power Enhanced”（高效率反射膜）之技術應用於光電模組，以最低之成本達到最高之發電效率，此技術目前可提升8%之發電效率，最大發電量為晴天正午 106 W/m²。因為有隔熱效能，所以屋內不會熱，節省冷氣之耗電，經實體屋試驗可節省40%之冷氣耗電，冬天亦有保暖作用，可省30%之暖房耗電。同時開源（提升發電力）與節流（節省冷房空調），不僅兼顧環保與節能，某種程度還具備電力自足概念，已為綠建築注入新的應用元素。

此一技術深受日本光電產業重視，而有日本翠光株式會社與臺科大簽署技轉合約，並在2009年東京光電展中，榮獲最有潛力之太陽能產品。進而引起Discovery頻道之注意，分別於2009年與2011年製播專輯報導。已實地應用在工程建築方面的，國外有馬來西亞之光電牌樓，國內有建研所EAG HOUSE，陽明山私人別墅，捷運大安森林公園站，2010臺北國際花博美國館與高雄龍興國小等。

研發理念

如前所述，本研發之關鍵技術在於應用高效率反射膜技術，用最低之成本達到最高之發電效率。我們利用光反射原理，將高反射率之隔熱膜置於透光光電模組後方，使發電模組產生二次發電，以提升發電效率與同時達到隔熱功能。如圖1所示，在戶外太陽光照射下可提升

8%之發電效率，同時更降低4倍之輻射熱，證明能強化太陽能模組之電力並降低輻射熱之進入室內，同時增加再生能源與降低耗能，達到雙重效果。

戶外試驗		
模組	透光模組	太陽能節能玻璃
試驗架構		
電力比較	 65.9w	 71.2w 增加8%
輻射熱比較	 296.6 w/m ²	 74.7w/m ² 降低4倍

圖1：太陽能節能玻璃可同時提升8%之發電效率與降低4倍之輻射熱穿透。

一、發電功能

如圖2所示，本光電玻璃之透光度10%時，在戶外量測之最高發電效率為106 W/m²。

Power Generation Function

106 W/m²

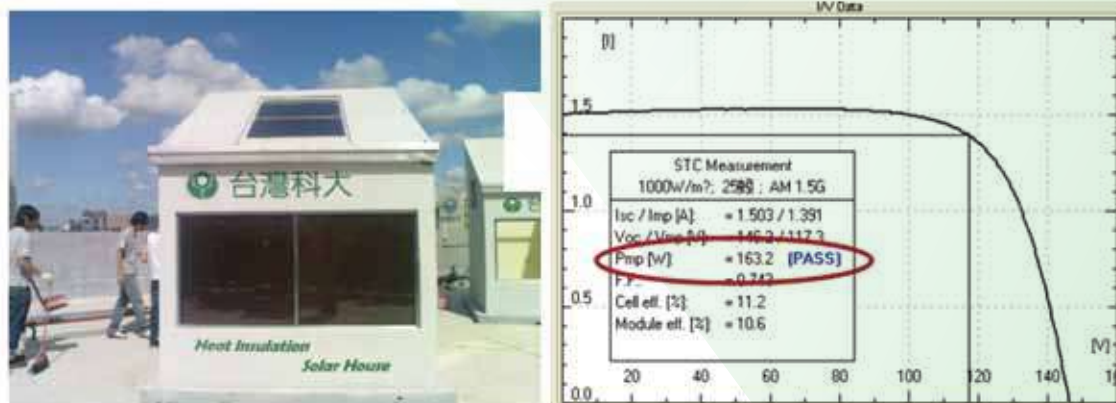
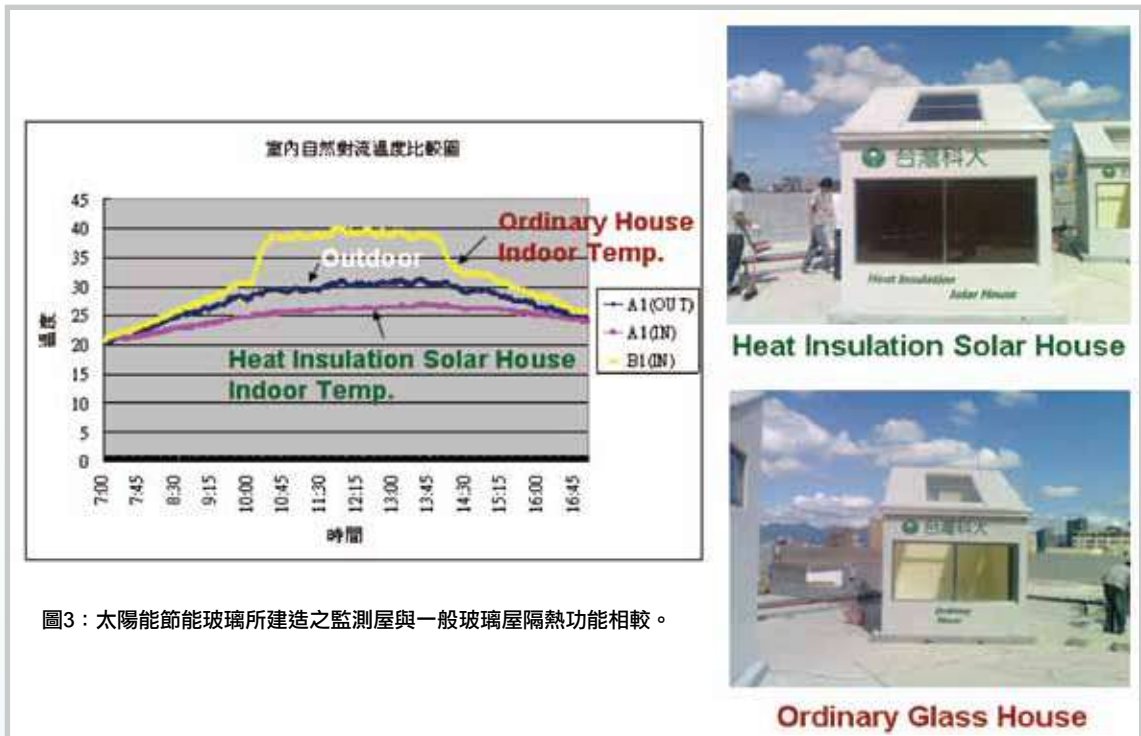


圖2：研發之光電玻璃在戶外量測之最高發電效率為106 W/m²。

二、隔熱功能

如圖3所示，在監測屋驗證中，以所發明之太陽能節能玻璃所建造之監測屋與一般玻璃屋相較，太陽能節能玻璃屋有明顯之斷熱功能，尤其在夏天正中午時，一般玻璃屋室內溫度已高達40度，但太陽能節能玻璃屋之室內溫度僅為26度，有明顯之隔絕輻射熱之功能。



如圖4所示，本光電玻璃在監測屋中進行冷房試驗，與10mm厚之傳統強化玻璃屋相較，傳統玻璃屋冷房耗電 3.29 度，而太陽能節能玻璃屋只耗電2度，顯見太陽能節能玻璃可降低冷房耗電之40%，有效達到節能。

Testing	Heat Insulation Solar Glass House	Ordinary Glass House
Different Housing Type		
Air Condition Expense	2 kWh	3.29 kWh
Outdoors Temperature	36°C	
Setting Temperature	25°C	
Time Duration	7:00 A.M. to 5:00 P.M.	
Saving	40%	

圖4：太陽能節能玻璃測試屋進行冷房節能試驗。

如圖5所示，在本校頂樓之測試屋進行寒流來時之暖氣耗電比較，試驗從傍晚6點進行至次日清晨6點，共12小時，傳統玻璃測試屋之暖氣耗電為9.8度，而太陽能節能玻璃測試屋之暖氣耗電為6.9度，足見有相當之省暖房耗電效果，可以省下30%之暖氣耗電費，適用於寒帶國家。

Testing	Heat Insulation Solar Glass House	Ordinary Glass House
Different Housing Type		
Heater Expense	6.9 kWh	9.8 kWh
Outdoors Temperature	10°C	
Setting Temperature	20°C	
Time Duration	6:00 P.M. to 6:00 A.M.	
Saving	30%	

圖5：在臺科大頂樓之測試屋進行寒流來時之暖氣耗電比較。

國際媒體報導

2008年11月5日Discovery頻道至本校專訪太陽能節能玻璃，並於2009年10月開始在世界各地以不同語言播出（圖6）。2011年6月19日《科技新亞洲第3集》，介紹日本、韓國、臺灣、新加坡等國的先進發明時，本團隊「太陽能節能玻璃」也成為本集節目中的亮點。（圖7）。



圖6：Discovery於2008年專訪畫面一二。



圖7：Discovery《科技新亞洲》報導第二代太陽能節能玻璃。

實際應用

本技術於2008年發表後，已技轉並陸續應用於多項工程，如表1與表2所示。其中新加坡之案例原為BCA新加坡建研所之ZERO ENERGY BUILDING 採用傳統單多晶式之太陽能模組作為立面玻璃，但發現隔熱與視覺效果不佳，後來改採我們之太陽能節能玻璃，已製成3片送往新加坡太陽能研究中心進行安裝前檢測。另外，美國University of New Mexico之零耗

能展示屋的採用，則是該校Prof. Olga在Discovery Channel看到報導，特地搭機來臺參觀並選定，已進入廠商報價與製作階段。📖（本專欄策畫／化工系陳文章教授&土木系呂良正主任）

表1：太陽能節能玻璃在臺灣應用案例

台科大太陽能節能玻璃實際應用案例（台灣案例）			
工程名稱	工程規模	完工日期	照片
內政部建研所 EAG HOUSE ABRI EAG HOUSE	18平方米	2009/11	
私人住宅採光天窗 PRIVATE HOUSE	60平方米	2010/09	
台北捷運大安森林公園站 MRT STATION	60平方米	2011/05	
2010台北國際花博美國館 2010 TAIPEI FLORA EXPO. US PAVILION	90平方米	2010/10	
高雄縣隆興國小 PRIMARY SCHOOL	80平方米	2011/03	

表2：太陽能節能玻璃在國外應用案例

台科大太陽能節能玻璃實際應用案例（國外案例）			
工程名稱	工程規模	完工日期	
Malaysia Solar Entrance	60平方米	2009/10	
Singapore Zeno Energy Building	20平方米	2011/12	 
University of New Mexico Zero Energy Demo House	50平方米	2012/05	



楊錦懷小檔案

成功大學土木工程系畢業（1981），臺灣工業技術學院營建工程技術系碩士（1986），臺灣大學土木工程學博士（1990）。於University of Cambridge的Department of Materials Science & Metallurgy擔任博士後研究，Industrial Research Limited, Crown Research Institute, N.Z的Engineering Dynamics擔任Visiting Research後回臺，獲聘臺灣科技大學營建工程系副教授，現任教授。主持太陽能與節能建築研究，卓有成果。