

以建築整合型太陽光電模組驅動並結合電致色變元件之智慧窗

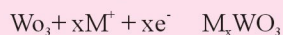
李佳言¹、陳昱嘉²、馬榮華³

leecy@mail.npust.edu.tw 分機7561

建築整合型太陽光電模組(BIPV)(圖1)已在近來陸續完成的綠建築中逐漸展現出其應用價值。最近的許多研究顯示，光電建築模組整合電致色變元件陣列可有助於智慧窗的開發。在本研究中，太陽光電模組在不同的太陽光強度照射之下會輸出不同電壓，因而改變電致色變模組透光度來調整出室內所需明亮度。本研究提出了兩種電致色變模組，分別為ITO/WO₃/Ta₂O₅/ITO結構以及ITO/WO₃/lithium-polymer electrolyte/ITO結構，並發現在台灣的晴朗天氣下，以ITO/WO₃/lithium-polymer electrolyte/ITO結構構成之智慧窗較可維持並調整適當的室內照明度。

圖2為本研究發展之智慧窗說明。如圖2所示，智慧窗設計安裝在建築物的屋頂或天窗位置，其包含了BIPV模組，電致色變模組以及控制器。當BIPV模組所吸之太陽光有所增減時，該模組提供之輸出電壓亦隨之增減，此輸出電壓將可透過控制器調變因而改變智慧窗內電致色變模組的透光度。

從圖2(b)可知，電致色變面板前後均為ITO透明導電玻璃所包覆。ITO導電玻璃在可見光區域是一種完全透射並且具有極低的電阻率和高寬能帶的半導體材料[1]。由此可知，對於電致色變智慧窗裝置來說是很理想的材料。另由前人研究結果可知，電致色變材料WO₃在非晶狀態下可由從主動電極的電子及對應電極中電荷補償離子在WO₃的雙重注入下形成之鎢青銅因而產生變色效果。換句話說，由此過程生成之鎢青銅其流程如下[2]：



其中M⁺ = H⁺、Li⁺、Na⁺與K⁺，且e⁻為電子。於是，當鎢氧化物薄膜充滿電子與電荷補償離子後，經由可逆變化而快速產生不同的特性。特別是當其充分結晶後，會經過大量的順序混亂與紅外線反射而變成具有吸光性[3]。

圖3為BIPV/電致色變模組的整體照片，透明導電膜玻璃上沉積的是氧化鎢薄膜。首先可觀察與量測出電致色變模組的光線穿透率與吸收特性在輸出電壓為0~3.5V的情況下各異，並觀察測量在夏天8:00AM至4:00PM這段時間，自然光直射在BIPV面板上而後穿透的照明度，發現有許多時段之入射式陽光強度遠超過室內照度建議值，因此本研究因應結合電致色變模組之在不同太陽照度情況下產生之不同電壓信號，透過控制器的調變可對於電致色變模組進行不同透光度的調整。

圖4為BIPV面板/電致色變模組的整體照片。在輸出電壓為0~3.5V的情況下各異。從圖中可知當對於電致色變模組加入3.5V時，可發現此模組之透光率產生了一定程度的下降；而當電壓降為0V時，BIPV模組即恢復透明。

圖5為台灣典型夏季自然光直射智慧窗，每天早上八點至下午四點的BIPV模組的照度差異情形。由圖可知在中午時分，照明度高於70,000Lux。這個數值遠高於白天建議的室內照明度範圍750-1,500Lux [4]。因此，必須利用智慧窗適當地減低室內照明度。



圖1 架設在屏科大水產養殖系實習養殖池上方之BIPV太陽能模組

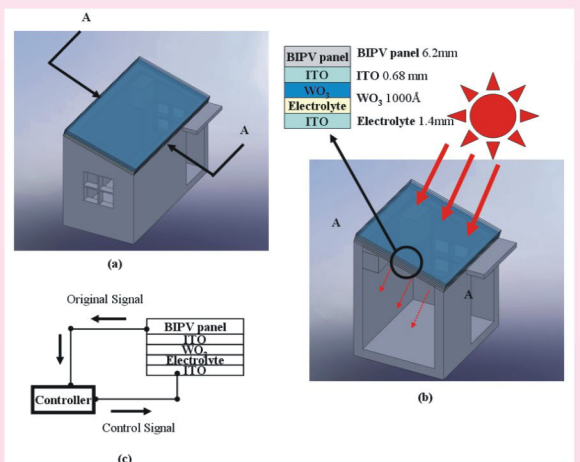


圖2. 整合BIPV及電致色變模組之智慧窗示意圖：(a)安裝圖(b)A-A剖面圖(c)電路控制圖

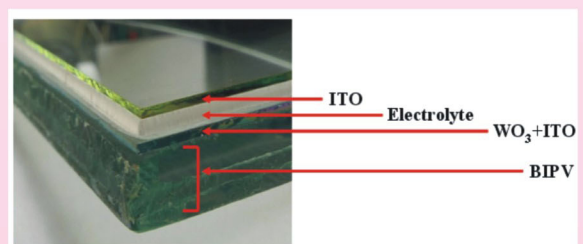


圖3 智慧窗分解圖

1.國立屏東科技大學 車輛工程系

2.國立屏東科技大學 材料工程系

3.陸軍官校 機械工程學系

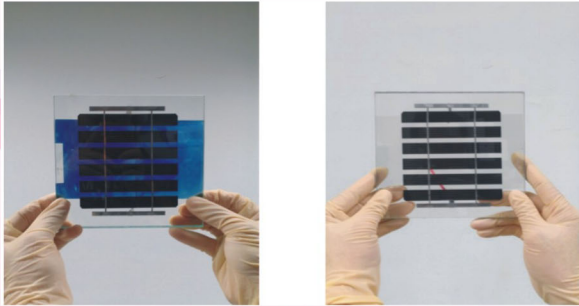


圖4. 在+3.5V及0V的狀況下，具備BIPV面板之EC塊各自的(a)著色 (b)去色

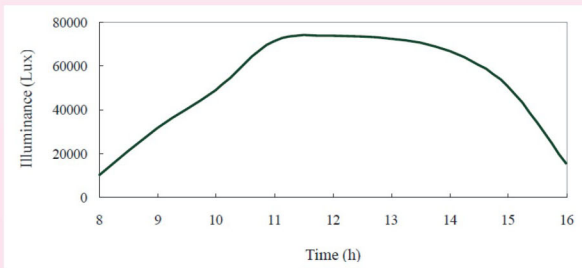


圖5. 典型夏季上午八點至下午四點的照射在BIPV模組之陽光照度

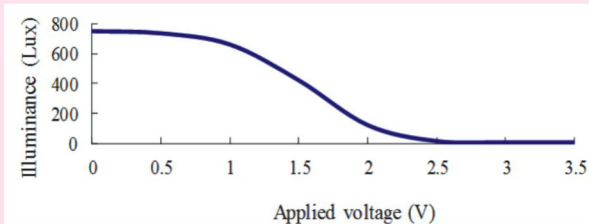


圖6 隨著電致色變模組電壓變化的穿透照度圖

路；降壓電路可導致BIPV的輸出電壓調整為75%原值輸入至電致色變模組，可使其透光達到適當的調整。圖7(b)為BIPV裝置早上八點至下午四點的原始與調變後的電壓變化圖。

圖8為早上八點至下午四點穿透智慧窗之自然太陽光(圖8(上))與經過智慧窗控制之相對應照度(圖8(下))。由圖8可知在8:40至15:40間，本研究之智慧窗都可確保室內照明度維持在建議範圍750-1,500Lux。

由圖8可知在8:40至15:40間，本研究之智慧窗都可確保室內照明度維持在建議範圍750-1,500Lux。

為了讓白天室內照明程度適中，必須利用照射在光電面板智慧窗的陽光強度，來調整電致色變模組的吸光程度。由圖6的結果可知，ITO/WO₃/lithium-polymer electrolyte/ITO模組會隨著電壓增高而增加其吸光性。同時，圖7顯示了穿透BIPV模組的光線照明度會隨著日照強度增加。換句話說，為了維持適當的室內照明環境，室外光線增加時，也要提高電致色變膜的吸光性。因此本研究利用調整適當的BIPV輸出電壓來輸出是當電壓到電致色變模組，以因應室外太陽光強度來維持理想的室內照明度。圖7(a)為調整BIPV電壓之控制器電路設計圖。本研究之ITO/WO₃/lithium-polymer electrolyte/ITO模組有20mA的電流與120Ω的內部電阻，故設計一40Ω電阻為串聯電阻，以形成一降壓電

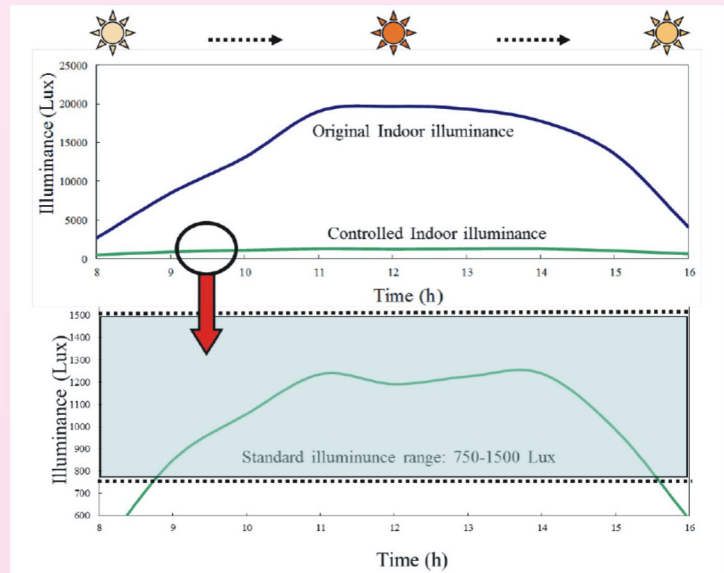


圖8. 普通夏季早上八點至下午四點的原始室內光線(上)與調整後之室內照明度(下)變化。

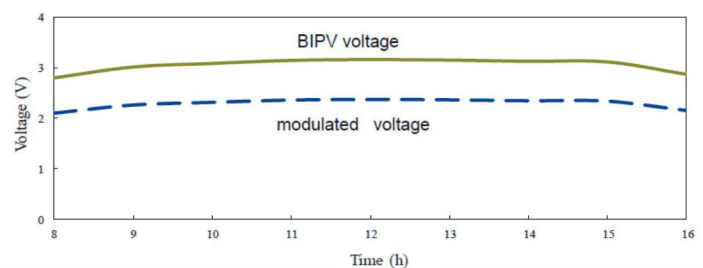
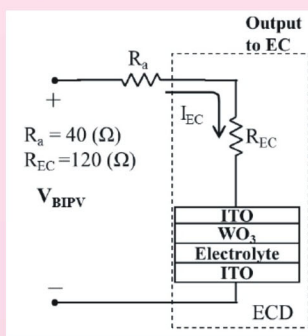


圖7.(a)控制器之控制模組 (b)普通夏季，BIPV裝置從早上八點至下午四點的原始與調變後的電壓變化圖。

參考文獻

- [1] You, D.J.; Choi, S.K.; Han, H.S.; Lee, J.S.; Lim, C.B. Effect of the deposition geometry on the electrical properties within tin-doped indium oxide film deposited under a given RF magnetron sputtering condition. *Thin Solid Films* 2001, 401, 229-234.
- [2] Kamal, H.; Akl, A.A.; Abdel-Hady, K. Influence of proton insertion on the conductivity, structural and optical properties of amorphous and crystalline electrochromic WO₃ films. *Phys. B* 2004, 349, 192-205.
- [3] Granqvist, C.G. Electrochromic tungsten oxide films: Review of progress 1993-1998. *Sol. Energ. Mater. Sol. Cell.* 2000, 60, 201-262.
- [4] Ho, M.C.; Chiang, C.M.; Chou, P.C.; Chang, K.F.; Lee, C.Y. Optimal sun-shading design for enhanced daylight illumination of subtropical classrooms. *Energ. Build.* 2008, 40, 1844-1855.