

出國報告（出國類別：開會）

參加 2019 年 SGEM 維也納綠色科學國際研討會

服務機關：核能研究所
姓名職稱：柯典馥 技術員
派赴國家/地區：奧地利維也納
出國期間：108 年 12 月 7 日~108 年 12 月 14 日
報告日期：108 年 12 月 30 日

摘要

本報告敘述赴奧地利維也納參加2019年SGEM Vienna Green International Scientific Conferences 國際研討會並口頭發表論文，以便瞭解電漿鍍膜技術在建築節能應用之全球最新發展趨勢，尤其下世代電致變色玻璃於建築物窗戶之應用，裨利本所電漿鍍製電致變色節能膜技術之提升與創新。此外，藉由發表本所電漿鍍製電致變色膜技術研發成果之機會，與國際著名專家學者討論，除讓研究思維更加廣闊外，且認識更多專家學者與吸收新知，掌握國際著名相關研究機構發展方向，可藉機創造更多的國際合作空間，掌握先機。

口頭發表論文「Electrochromic device based on complementary WO_3/IrO_2 electrodes prepared by using vacuum cathodic arc plasma」，乃利用本所電弧電漿鍍膜技術具有低製造成本、鍍膜速率快等產業化優勢，導入高單價電致變色元件市場，會場中吸引多方專家關注，更增加本所在國際上的知名度。由於全球受氣候緩化之影響，相變化儲熱材料（Phase change material, PCM）在住商節能應用之發展也備受矚目，此種材料在白天當陽光照射時，會使房間的溫度升高，PCM 吸收熱量；當晚上溫度下降時，PCM 便會將儲存的熱釋放出來，由此相變化的過程，便可以降低建築物的熱量，達到節能的效果，值得評估應用於住商節能之潛力。

目 錄

摘 要	i
目 錄	ii
圖目錄	iii
一、目 的	1
二、過 程	2
三、心 得	3
四、建 議 事 項	15
五、附 錄	16

圖目錄

圖 1、本次投稿之大會主題

圖 2、國際研討會舉辦日期

圖 3、國際研討會地點位置

圖 4、會場大樓外觀(上圖)與配置圖(下圖)

圖 5、國際研討會開幕儀式

圖 6、口頭方式發表新光電智能材料應用於互補式電致變色元件

圖 7、與國際學者專家討論，並在討論後拍照合影

圖 8、羅馬尼亞非住宅建築物之外觀面積佔據比

圖 9、固-液相變材料之溫度能量關係圖

圖 10、室內環境中相變材料內部溫度的變化

圖 11、節能相變材料應用於石膏天花板和牆磚

圖 12、太陽能電池溫度函數與轉換效率之關係圖

圖 13、複合型(PV / PCM)之太陽能電池模組示意圖

圖 14、不同光照下有無 PCM 材料背附於太陽能電池模組對於溫度的影響

一、目的

此次公差目地係參加在奧地利維也納舉辦 2019 年 SGEM Vienna Green International Scientific Conferences 國際研討會並在綠色建築技術和材料 (GREEN BUILDINGS TECHNOLOGIES AND MATERIALS) 討論主題上口頭發表論文，藉由國際會議平台，與國際相關領域之學校及研究機構專家學者討論，瞭解全球於綠色智能玻璃與節能相關技術研究主題最新發展，尋求可能之應用市場及合作機會，強化國際合作關係，以利於本所相關計畫工作的加速推動。作者於研討會中發表本所電弧電漿源應用於互補式電致變色元件研究成果論文，除能彰顯本所於獨特低成本電漿鍍膜技術外，提昇本所國際知名度，並結識更多專家學者與吸收新知，創造更多國際合作空間，期能加速本所電漿鍍膜技術應用於住商電致變色元件之產業化時程。

二、過 程

- 12 月 7 日 去程-台灣桃園機場出發。
- 12 月 8 日 抵達奧地利維也納國際機場並辦理飯店入住事宜。
- 12 月 9~12 日 參加國際研討會、蒐集研資料並與國際學者交流互動，並發表新光電智能材料應用於互補式電致變色元件成果論文，於 12 月 10 日(二) 下午 01 時 15 分~01 時 30 分，以口頭報告形式發表本組最新研發成果。
- 12 月 13 日 回程-奧地利維也納國際機場出發。
- 12 月 14 日 抵達台灣桃園機場，順利完成本次公差任務。

三、心得

作者目前在核能研究所(以下簡稱本所)，從事電漿鍍膜與節能技術開發。近期開發低成本、製程速率快之電弧電漿源應用於電致變色膜相關研究工作有突破性的成果，所開發新型低功率能源材料，可有效達到低功耗節能之需求，未來應用在綠色智能玻璃等領域，並符合環境永續發展及低碳節能方向。期望參加本次國際研討會能更瞭解目前世界上最新研發進展以及分享電致變色玻璃於建築物窗戶之應用，故投稿參加「2019 年 SGEM Vienna Green International Scientific Conferences 國際研討會」。大會主題之一 GREEN BUILDINGS TECHNOLOGIES AND MATERIALS 含蓋目前本所研發之智慧型電致變色元件，如圖 1。藉由參加該會議可搜集電漿技術應用於儲能、節能、光電智能材料、綠色能源、環境電漿科學與電化學技術之應用發展現況，可作為未來計畫擬定與執行往後計畫發展之參考依據。

本次國際研討會於 2019 年 12 月 9 日至 12 日舉辦為期四日之研討會如圖 2，舉辦地點在奧地利維也納下奧地利宮舉行，如圖 3。本次國際研討會於 2019 年 7 月 9 日上午 9 時 30 分開始接受註冊登記，會場外觀與配置圖如圖 4 所示，緊接著在下午 13 時 30 分舉辦開幕儀式，如圖 5。於開幕儀式中會議主席介紹會議委員會中的重要成員，並請每位委員上台致詞，每位委員於接下來為期四日之研討會中亦會擔任講座，分別對於其研究之領域做更深入的介紹。介紹重要委員會之成員後，開始今日的講座會議，內容以演講為主並佐以海報呈現為輔。會議現場主要分為四個可容納百人以上之演講廳，會議於每日上午皆安排二位 Plenary Speaker，與二位 Keynote Speaker 作為一天會議的開始，並安排多位 Invited Speaker 講座，並分別針對微米和奈米技術、綠色建築技術、綠色設計與永續建築、先進能源進行更加深入之專題演講。

本次研討會主題細分為：一、石油與天然氣勘探(OIL AND GAS EXPLORATION); 二、水文水資源(HYDROLOGY AND WATER RESOURCES); 三、森林生態系統 (FOREST ECOSYSTEMS); 四、核能技術 (NUCLEAR TECHNOLOGIES);五、回收 (RECYCLING); 六、空氣污染和氣候變化 (AIR POLLUTION AND CLIMATE CHANGE); 七、微米和奈米技術(MICRO AND

NANO TECHNOLOGIES); 八、生物技術(ADVANCES IN BIOTECHNOLOGY) ; 九、綠色建築技術和材料(GREEN BUILDINGS TECHNOLOGIES AND MATERIALS); 十、綠色設計與永續建築(GREEN DESIGN AND SUSTAINABLE ARCHITECTURE); 十一、現代能源和動力資源(MODERN ENERGY AND POWER SOURCES)等領域。作者在研討主題九之綠色建築技術和材料以口頭方式發表本所新光電智能材料應用於互補式電致變色元件研發成果，如圖 6，本發表技術具設備成本較低，製程速率快等優點，未來可導入高單價電致變色元件市場，會場中吸引多方國際學者專家討論，並在討論後拍照合影，如圖 7，更增加本所在國際上知名度。作者榮幸能與參加此次多領域之著名專家學者深入討論，除讓研究思維更加廣闊外，且認識更多專家學者與吸收新知，掌握國際著名相關實驗室研究發展方向。主要心得如下：



圖 1.本次投稿之大會主題



圖 2.國際研討會舉辦日期

SGEM Event Location

About Palais Niederösterreich

The Extended Scientific Sessions SGEM Vienna Green 2019 of the International Scientific GeoConference SGEM, will be held in one of the most interesting palace buildings in Vienna - Palais Niederösterreich, in the period of 09 - 12 December, 2019.

Palais Niederösterreich - SGEM Vienna ART 2019 Conference Venue

Palais Niederösterreich Gallery

Event Location

Palais Niederösterreich

Herrengasse 13

1010 Wien, Austria



圖 3.國際研討會地點位置

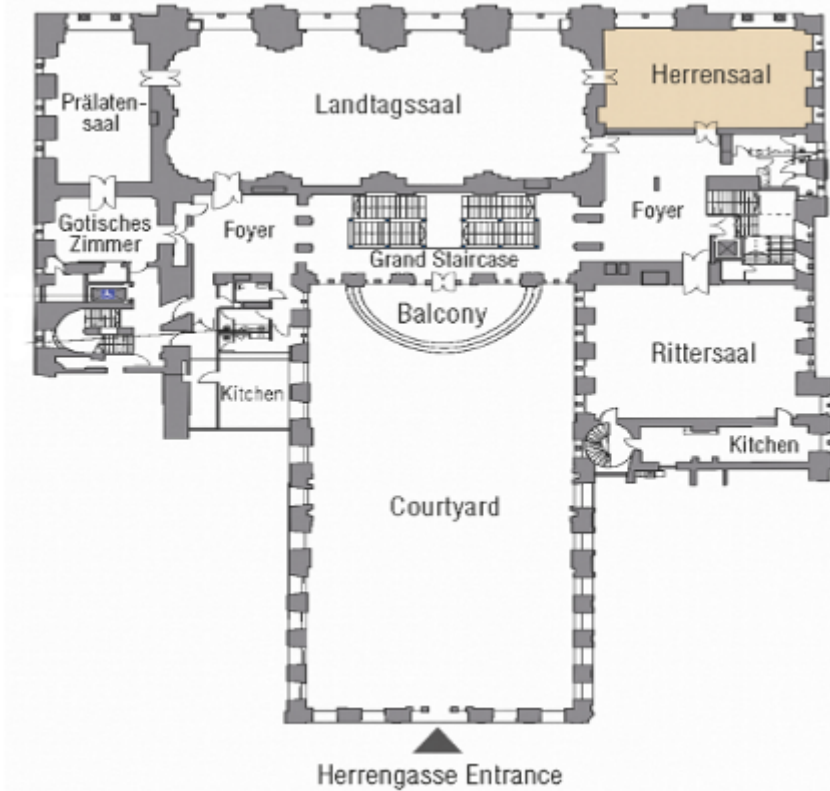


圖 4.會場大樓外觀(上圖)與配置圖(下圖)



圖 5.國際研討會開幕儀式



圖 6.口頭方式發表新光電智能材料應用於互補式電致變色元件



圖 7.與國際學者專家討論，並在討論後拍照合影

(一) 節能之相變化儲熱材料是研討熱門主題之一，其中羅馬尼亞納波卡技術大學之教授所提出相變化儲熱材料，是因應近年來全球為減緩氣候變遷，以及抑制溫室氣體排放之大會重要議題之一，此議題尚包括提升能源效率、改善運輸效率、區域供熱整合及使用低碳電力等技術，皆可達到能源轉型至潔淨能源及降低溫室氣體排放的目的。

目前常用的儲存熱能方式有潛熱能儲存 (Latent heat storage)、顯熱能儲存 (Sensible heat storage) 與熱化學能儲存 (Thermochemical energy storage) 等三種，而潛熱儲存具有高能量儲存密度，以及可在特定溫度下應用之優點，最引人注意，具有此種儲熱性能的物質稱為相變化儲熱材料 (Phase change material, PCM)。相變化儲熱材料的相變方式可以固相－液相、固相－固相、液相－氣相、固相－氣相等變化達到應用目的，而以固相－液相變化最具開發潛力。相變化材料分有機、無機及共熔 (Eutectic) 等物質，常見如石蠟 (Paraffin)、鹽類水合物 (Salt hydrates)、脂肪酸等，因適用溫度範圍且儲熱容量皆有差異，應用上必須依據實際應用條件來選擇合適的相變化儲熱材料。

藉由溫度的改變，可控制物質的相轉移變化，調控能量的儲存與釋放，除了溫度外，近來更發現許多材料可以藉由外在的驅動力，如壓力、電流等、光輻射方式進行相變化，增進對儲熱技術及系統的發展潛力。綠建築設計也有運用相變化材料的實例，將材料用於建築物的外牆、天花板或地板中，當白天日照強時可儲存多餘的熱量，有效吸收熱量避免室內溫度上升，到晚上氣溫下降時，由建材釋放出白天吸收的熱能可維持或提升室內溫度，如此可大幅降低冷暖氣機的使用量，以達成節能的效果。其中圖 8.為教授提供探討分析目前在羅馬尼亞非住宅建築物之外觀面積佔據比，其中以辦公大樓佔據最為廣泛，其次分別為醫療大樓、餐廳學校等。建築材料中。例如把相變材料加入普通建築材料中，就能製成具有較高熱容的輕質建築材料，通常稱之為相變儲能建築材料。使用相變儲能建築材料來構築圍護結構，減少室內的溫度波動，住起來更加舒適，並降低建築物保暖或空調供冷的負荷，減少保暖或空調供冷所需設備的容量。

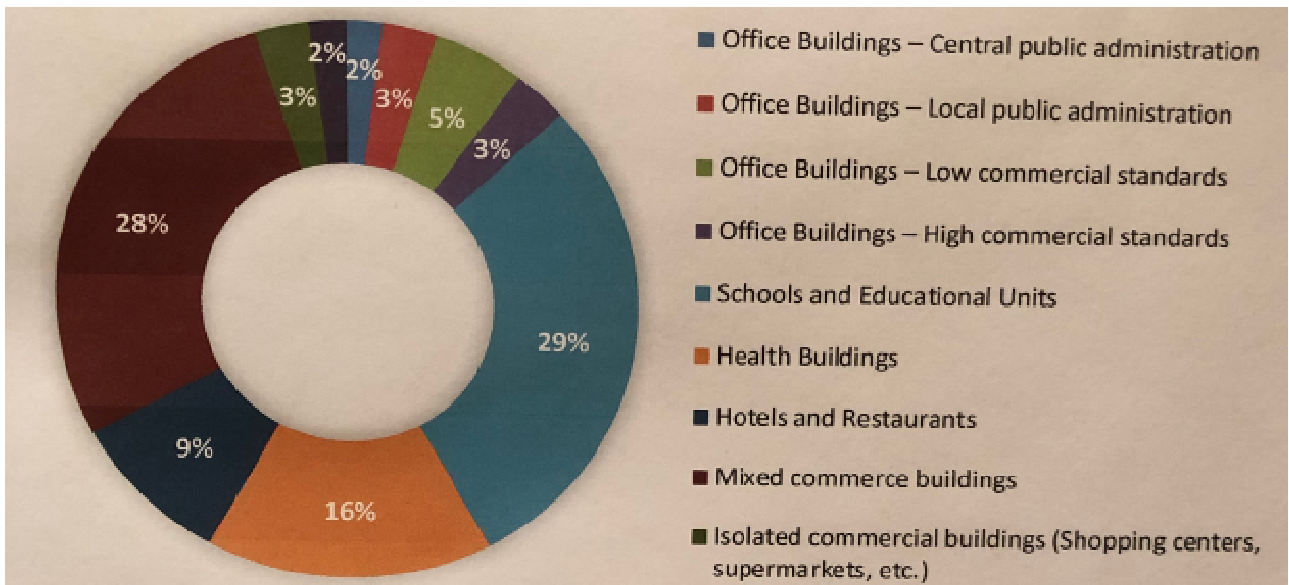


圖 8. 羅馬尼亞非住宅建築物之外觀面積佔據比

教授所談之相轉變材料，是一種節能材料，可以藉由相變化伴隨著大量熱能的吸收和釋放，此能量稱之為潛熱(latent heat)，並且在其相轉變過程中具有接近恆溫的特性的材料。此種相變材料具備可逆儲存及釋放能量之優良特點。

相變材料(Phase change materials, PCM)，主要是由物質由一個相態轉變為成另一個相態的過程稱為相變，在產生相變化過程時，物質需要吸收或釋放能量來打斷或形成分子間鍵結。因此，在相變化過程中，溫度會保持穩定並且伴隨著大量的能量釋放以及儲存，藉由利用此性質來調整、控制材料周圍環境或工作源溫度。相變的情況下，一般來說以固-液相變的潛熱最小，這樣得過程最常被拿來做為應用，因為液-氣、固-氣相變固然潛熱很大，但是變化前後會有氣體的產生及消失造成體積變化過大，造成氣體也較不容易保存。如圖9表示，為了能夠理解從固相轉變為液相的物理過程，藉由熔融和凝固過程的數學關係，來表示熱能儲存的能力。使用材料潛熱為 $L_f \text{ kJ / kg}$ 來量化材料，從固相移動到液相時，變態過程具有近似等溫的優點。

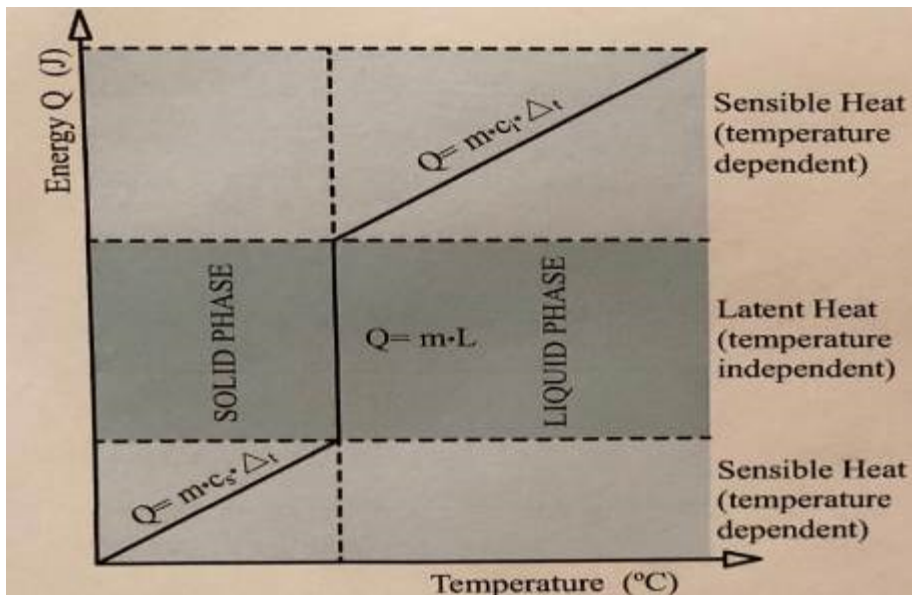


圖 9.固-液相變材料之溫度能量關係圖

當白天陽光照射時，會使房間的溫度升高，此時 PCM 開始吸收熱量，達到其熔點時會從固體變成液體；當晚上溫度下降時，PCM 便會將儲存的熱釋放出來變回固體，由此相變化的過程，便可以降低建築物的熱量，達到節能的效果，如圖 10 表示。因而降低室內溫度，減少空調使用量，進而減少尖峰用電負載量，達到節能效果。

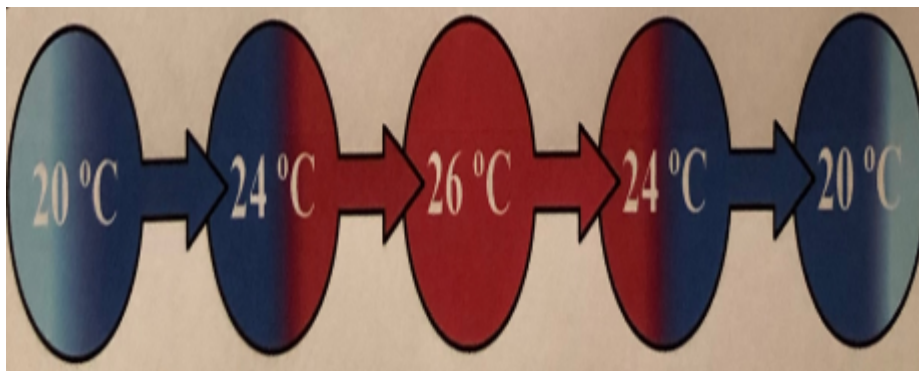


圖 10.室內環境中相變材料內部溫度的變化

太陽的輻射熱會經由建築物的牆壁以及屋頂傳入室內，使得室內的溫度上升，需要使用空調以降低室內溫度。然而現今建築物的屋頂都大量使用質量輕的浪板，其很差的絕熱能力無法減輕空調能量的消耗。因此若要降低熱傳導率，必須提高屋頂系統的熱阻係數，解決之道就是使用熱阻係數較高的建材，因此若在浪板夾層中使用相變化材料，將可降低熱能穿透浪板。在屋頂則可使用內含儲能片的節能磚，利用材料特性把白天陽光輻射熱儲存在磚體中，晚上再經由磚體表面讓熱擴散到空氣中，維持室內恆溫。建築圍護結構的相變儲能牆體和天花板主要是由適當的相變材料與石膏建材複合而成。這種材料可以充分吸收白天太陽的熱輻射或利用夜晚低價電來續熱儲能，進而使電力供給的負荷波段差減少，降低建築物的保暖或製冷負荷，並使室內的溫度波動變小，使室內環境更加舒適，可以使房間的溫度比較恆定，不會有過熱和過冷的現象

潛熱能儲存由於能量儲存密度高，且可在特定溫度下儲存熱量，因此特別受到關注。具，常見的有石蠟、脂肪酸、鹽類水合物等，如圖 11 表示。

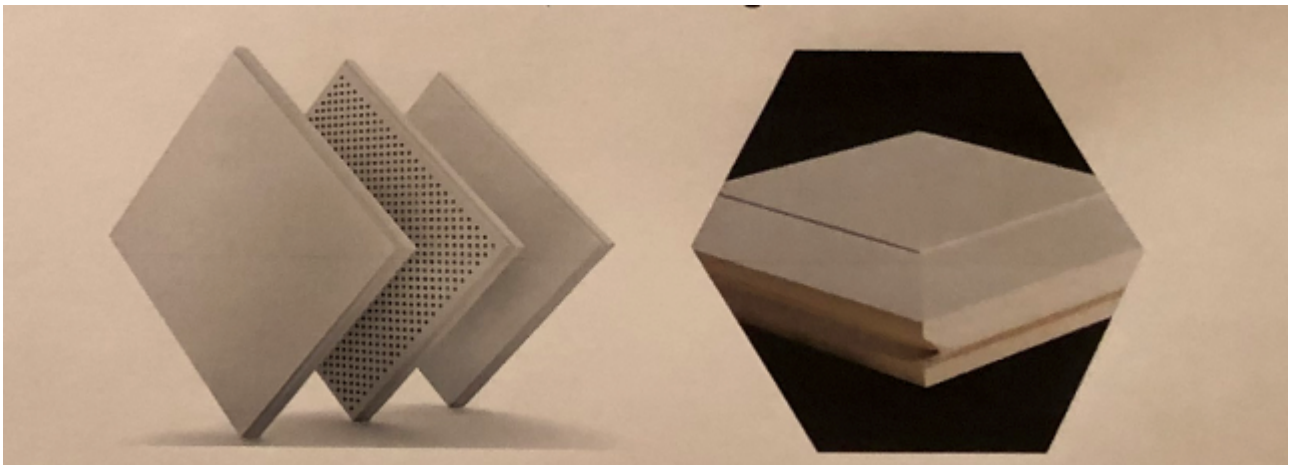


圖 11.節能相變材料應用於石膏天花板和牆磚

(二) 由羅馬尼亞納波卡技術大學(TECHNICAL UNIVERSITY OF CLUJ-NAPOCA)

Veronica GAGEA-MANITIU 提出藉由相變化材料提升太陽能模組效率方法，主要因建築之太陽能板多數使用為單晶矽的太陽能板，近年綠色建築的興起，引發重視潔能與排放科技的應用，但大樓能設置太陽能板的地點有限，所以在有限的空間下只能最有效率的使用，讓太陽能板不只是單單的太陽能板，並可整合其他元件達到多元的綜合發電以提升發電量。此篇論述主要探討藉由相變化材料來完成複合型之太陽能電池(Hybrid Systems)，如上篇所提之相變化儲熱材料 (Phase Change Material, PCM) 具備高能量儲存密度，且可在特定溫度下進行熱量儲存應用的優點，因此特別受到關注，運用高密度儲存能量的儲能材料，不必動用主動式加熱或冷卻設備，提高太陽能光電板發電效率，將儲能材料元件固定在太陽能背板，將有害於太陽能電池發電效率的太陽熱能大量吸收，降低太陽能電池的工作溫度，進而提升太陽能電池全天的發電效率，由圖 12.顯示，當溫度上升的情況下，其模組轉換效率會變差。

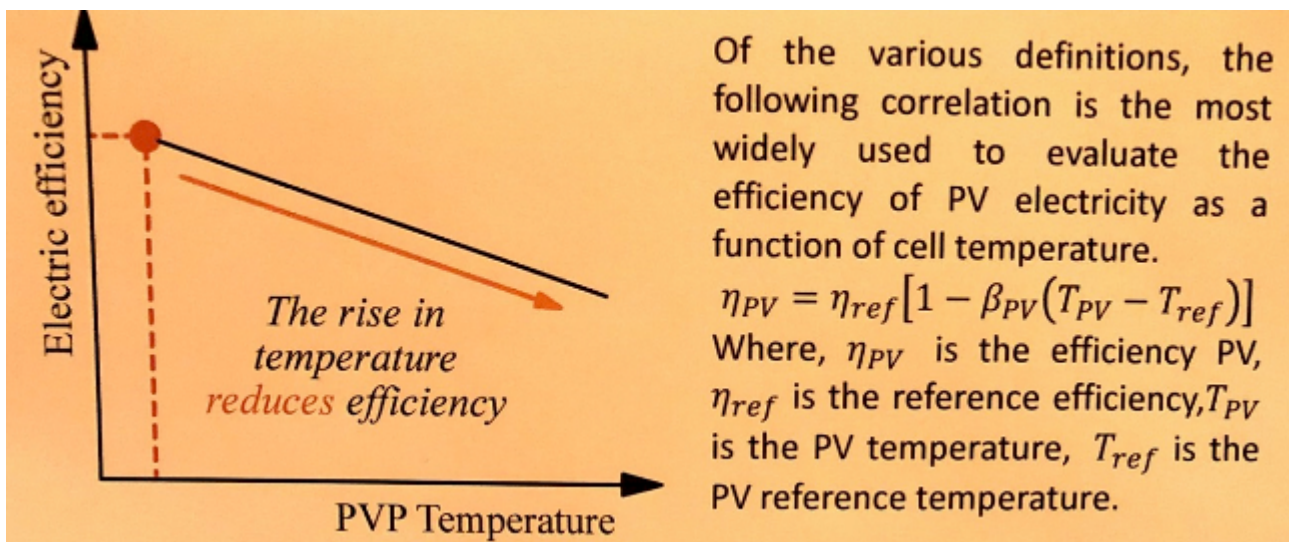


圖 12. 太陽能電池溫度函數與轉換效率之關係圖

在較高的太陽輻射下，PV / PCM 系統不但可以提供電能更可提供有用的熱量。PCM 可以是一種簡單的解決方案，可以透過相變化來消除過多的熱量。PCM 熱控制的主要優點是不需要其他零組件，例如管道、泵或風扇，如果所選的 PCM 材料具有長期的熱穩定性，則更不需要維護。藉由相變或熔化-凝固循環產生的能量被吸收或釋放為潛熱。當隨著室外或環境溫度的升高，PCM 材料為固相時將吸收熱量。當外部溫度達到 PCM 的熔點時，它開始熔化，

從固態變為液態，並在相變過程中 PCM 材料將吸收大量的熱量，但這期間溫度幾乎沒有變化，將保持恆定的溫度，直到所有材料都熔化為止，在此期間同時 PCM 提供冷卻效果，PCM 在模組背面不需要很大的空間，如圖 13 所示，系統厚度利用為 t 的 PCM 位於面板的背面，白天時，太陽輻射的能量一部分轉化為電能，而剩餘的能量轉化為熱量，面板的各層中會存儲大量熱量，PV 電池的溫度會大大升高，因此 PCM 的實現原理是白天通過熔化 PCM 來存儲多餘的熱量，並將所存儲的熱量在晚上期間材料相變為固化時釋放能量。

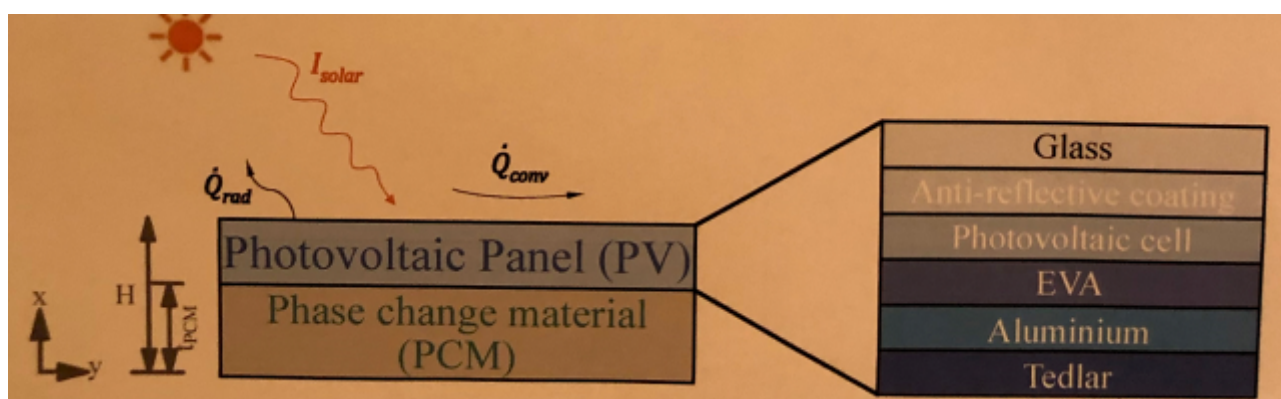


圖 13.複合型(PV / PCM)之太陽能電池模組示意圖

如圖 14.表示，不同光照下有無 PCM 材料背附於模組對於溫度的影響，對於不帶 PCM 的 PV 模組，溫度分別低於 1000 W / m^2 和 750 W / m^2 時達到 82°C 和 71°C 。在 PV 背面安裝 PCM 可防止溫度突然升高。在加熱的第一階段，PV / PCM 的曲線重疊，當系統溫度達到 PCM 熔點時，多餘的熱量將存儲在 PCM 中，PV 溫度保持恆定，然而對於 $G=750 \text{ W / m}^2$ 的輻射，要花費 2500 多秒才能完全熔化 PCM，超過此點，PV 溫度逐漸升高並達到穩態溫度。對於大於 $G = 1000 \text{ W / m}^2$ 的輻射，完全熔化時間小於 2000 s，PCM 材料可以將 PV 溫度保持在接近 PV 的參考溫度的時間更長。

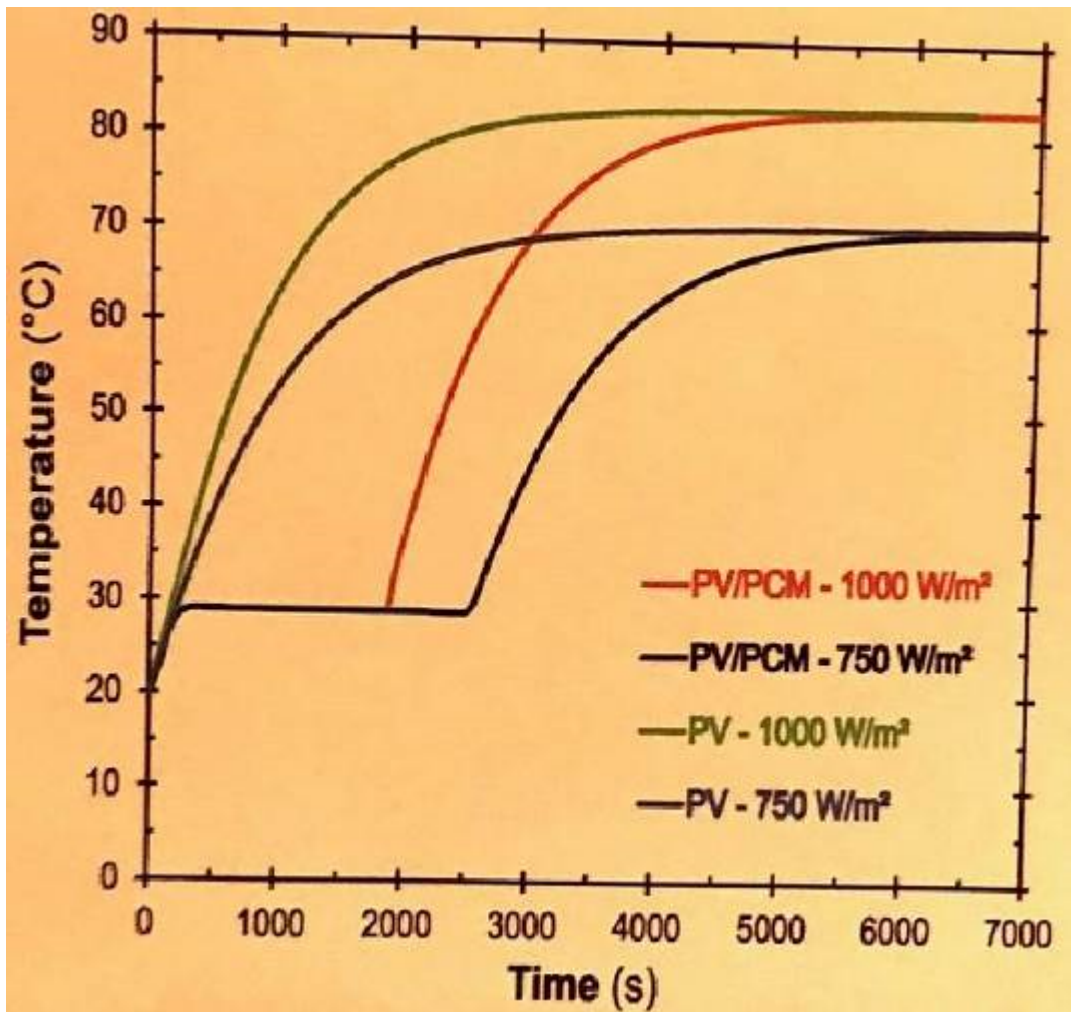


圖 14.不同光照下有無 PCM 材料背附於太陽能電池模組對於溫度的影響

四、建議事項

- (一) 建議朝客戶端邁進，能夠為國內研究電致色變元件的領域提供全新且具商業化潛力的電致色變系統，藉由討論電致色變材料與其搭配的電解質、以及使用高導離率電解質時搭配不同元件製程，設計並製造出一有高光學變化、良好穩定度和快速響應的電致色變元件，建立屬於我國的電致色變關鍵技術。
- (二) 建議開發新型高分子固態電解質，因具有較佳的離子導離度其值為約 9 mS/cm。可於電位-0.8 V~1.5 V 之間驅動，且在波長為 660 nm 下，穿透度變化值為可達 40%以上。在長期穩定性上，且可經過 1,000 圈之長期穩定測試結果後，維持 85%以上的初始穿透度變化值，由高分子固態電解質所組成的元件可大幅改善長期穩定性不佳之特性。
- (三) 建議繼續朝向大面積電致變色玻璃發展，國外眾多學者專家對核研所此次參加發表之電致變色玻璃領域非常興趣，並在會議簡報中提問並討論，認為雖然電致變色玻璃在戶外建築上的應用還有很多問題須克服，但學者專家均認為但是由於當今地球資源的日益枯竭，節能環保主題必然指導著如今的科學研究方向，相信像目前諸如電致變色玻璃之類的建築物節能玻璃必然會突破其瓶頸，終會走向大面積化，廣泛的應用到人們的實際生活中。

五、附 錄

附錄一、研討會發表摘要

附件二、研討會 Oral 簡報封面與大綱

CONFERENCE ABSTRACT

SGEM19/C/31379/12.2019

ELECTROCHROMIC DEVICE BASED ON COMPLEMENTARY WO₃/IRO₂ ELECTRODES PREPARED BY USING VACUUM CATHODIC ARC PLASMA

Tien-Fu Ko

Institute of Nuclear Energy Research- Atomic Energy Council, Taoyuan, Taiwan

ABSTRACT

Smart windows based on electrochromic (EC) materials, which are controlled to change their optical properties of reflectance, transmittance, and absorption can be effectively reduced the heating or cooling loads of building interiors. Electrochromism can produce interesting phenomenon based on redox reaction that gives a reversible, persistent changing in color, thus with an optical modulation by a small applied DC voltage pulse difference [1]. In this study, we prepared a complementary electrochromic device (ECD) with ITO/WO₃/LiClO₄-PC/IrO₂/ITO structure was assembled. This work focus on the influence of O₂/Ar ratios of IrO₂ layers on the ECD electrochemical and optical properties. For the fabrication of ECD, WO₃ and IrO₂ electrode films were used as the cathodic and anodic coloring materials, which are fabricated by vacuum cathodic arc plasma (CAP) [2-3]. We achieve a high performance electrochromic electrode, producing porous deposited by the CAP technique is promising smart window for potential electrochromic application. Our results are observed the highest oxidation/reduction ion diffusion coefficient (6.15x10⁻¹⁰ / 5.9x10⁻¹¹ cm²/s, respectively) with IrO₂ (100 nm)/ITO films, meaning that enhanced electrochromic properties compared to the other samples. The performance of the 545 cm² ECD demonstrated optical contrast of 51 % and switching times 3.8 sec and 4.8 sec for coloring and bleaching state at the wavelength of 633 nm. During the durability test, the transmittance change (ΔT) of ECD remained 40% after 2000 cycles, which was about 86% of original state.

Keywords: Complementary electrochromic device, vacuum cathodic arc plasma (VCAP).

*Corresponding author: chahlesko@iner.gov.tw

Tel: +886 922 422 306

Sincerely,

Programme Committee, SGEM International Scientific GeoConference,
SGEM Vienna GREEN 2019

