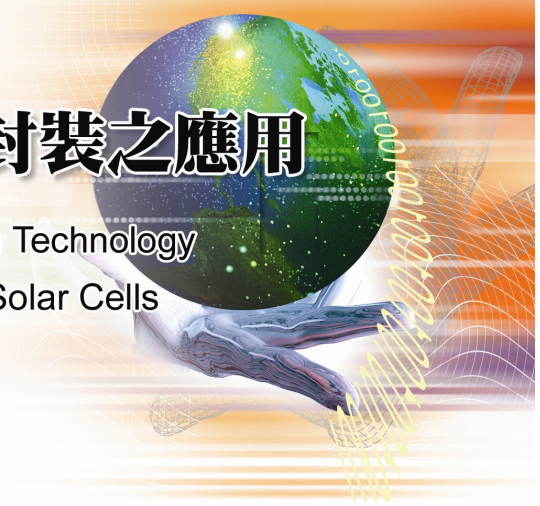




原子層沈積技術 於有機太陽能電池薄膜封裝之應用

The Application of Atomic Layer Deposition Technology
in the Thin-Film Encapsulation of Organic Solar Cells



張志宇

國立台灣大學
材料科學與工程學系

王慶鈞

工研院機械所
新興能源機械技術組
固態光源機械技術部
經理

蔡豐羽

國立台灣大學
材料科學與工程學系

關鍵詞

- 有機太陽能電池 Organic solar cells
- 原子層沈積 Atomic layer deposition
- 封裝 Encapsulation
- 氣體阻障層 Gas Barrier

摘要

有機太陽能電池因其潛在優點如成本低廉、製程簡便、易於大面積化、具撓曲性等，被視為是未來太陽能技術發展之趨勢。欲成為實用的替代能源，有機太陽能電池除了必須具備足夠的光電轉化效率外，還必須具備高度的穩定性。其中光轉化效率已是廣泛研究的主題，但元件穩定性之解決方法仍有

待開發。由於有機太陽能電池元件的材料極易受環境（以水氣與氧氣為主）影響而產生急速劣化，必須以隔絕性極佳之封裝方法加以保護，其封裝的效果必須遠高於一般微電子產品的封裝方式，因此封裝技術將直接影響產品的成敗。本文將針對有機太陽能電池的封裝技術發展及其趨勢做深入淺出的介紹。

前言

能源短缺與全球暖化是本世紀眾所矚目且亟待解決的兩個議題，目前世界各國正積極尋找清淨的再生能源來取代傳統石化燃料，這些替代能源包括有太陽能、生質能、風力、地熱及海洋能等。其中以太陽能發電具有取之不盡、不會有額外的廢棄物產生、不受地域限制、安全性高等優點而廣受重視。太陽能電池發展至今，仍以單晶矽與多晶矽太陽能



電池為主流，雖然此類矽基太陽電池已商業化，但受限於材料成本及製程，其價格並不符合經濟效益，因此找尋一低成本、製程簡易的材料是目前太陽能電池的發展之關鍵。有機太陽能電池具有價格低廉、製程簡易、容易大面積化、重量輕薄及適用於可撓式基板等優點，已成為近來太陽能技術發展之重點。[1]雖然有機太陽能電池有上述優勢，但其距離實際商業化仍然有許多技術上的難題亟待克服，包括：元件之光電轉化效率不足以及元件之高度不穩定性。[2]先前研究結果顯示，藉由新穎的分子設計、元件結構之改良以及製程上之最佳化，[3]可大幅提升有機太陽能電池之光電轉換效率達8.3%，[4]距離理想商業化的效率10%已不遠，但元件的穩定性仍有待改善，卻只有相對少數的研究資源投入於元件穩定性的議題。有機太陽能電池的不穩定性主要源自於：(1)有機光電材料易受光照或加熱激發，而與環境中之氧化物如水或氧等產生氧化反應，如光氧化反應(photo-oxidation)，使其喪失光電的特性；(2)元件之陰極材料多為低功函數金屬，如鈣、鋇、鎂等。低功函數金屬皆具極強之還原性，只需曝露到微量的水氣與氧氣即會進行氧化反應，進而使元件喪失功能。[5]元件封裝為隔離元件中之不穩定之材料與使用環境中的反應性因子(在大氣中即為水氣與氧氣)，已被證實為提升有機電子元件穩定性不可或缺的方法，[6]以下將就有機太陽能電池現有的封裝技術作一介紹。

有機太陽能電池封裝技術現況

由於前述所提及有機太陽能電池所使用材料的高度不穩定性，致使封裝隔絕水氣/氧氣之需求遠高

於一般電子元件的標準。對於有機太陽能電池而言，其封裝必須能將氧氣穿透速率(oxygen transmission rate 或縮寫成 OTR)降至 10^{-2} cc/m² day 以下、並將水蒸氣穿透速率(water vapor transmission rate 或縮寫成 WVTR)降至 10^{-4} g/m² day 以下，元件才能達到 10000 小時以上的使用壽命。[7]現行以玻璃為基板之元件其封裝方式為將玻璃蓋板與元件以有機接著劑貼合固定，並於蓋板與元件間附上吸附劑(getter)，如圖一 A 所示。其中玻璃之不透氣特性以阻隔大部份的外界氣體，而吸附劑則用來吸附透過有機接著劑而滲入之氣體。此封裝方式效果雖好，但其缺點包括：成本高、製程繁複、不利於大面積生產、不適用於軟性元件等。為解決現行封裝方法之不適用性，先前研究者提出薄膜封裝的概念亦即以高度阻氣之薄膜包覆元件(如圖一 B 所示)。對於軟性太陽能電池而言，基板多選用撓曲度佳、價格便宜的塑膠，但塑膠基板之阻氣性差，因此除了元件頂層的封裝薄膜外，尚需在基板上鍍上阻氣薄膜以確保水氧之高度阻隔性(如圖一 C 所示)。在阻氣薄膜技術的開發上，由於有機薄膜封裝之阻氣率過低，後續研究多著重在開發高阻氣性之無機薄膜。但是研究結果卻發現，[8]以一般薄膜沉積方法，如濺鍍(sputtering)、蒸鍍(evaporation)、電漿輔助化學氣相沉積(plasma enhanced chemical vapor deposition 或縮寫成 PECVD)所沉積出的無機薄膜，不論製程如何改良，如表一所示，其阻氣率仍在 10^{-1} - 10^{-2} g/m² day 之間，遠不及有機太陽能電池阻氣之需求。造成此結果的主因為薄膜中存在缺陷或瑕疵(defect)，如圖二 A 所示，其主因來自於：(1)沉積過程中因雜質、氣相反應顆粒、電漿離子碰撞以及不完美堆積等因素而產生的瑕疵；(2)薄膜無法完全

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】338期・100年5月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw