

# 染料敏化太陽能電池電解質概述

刊登日期:2008/5/29

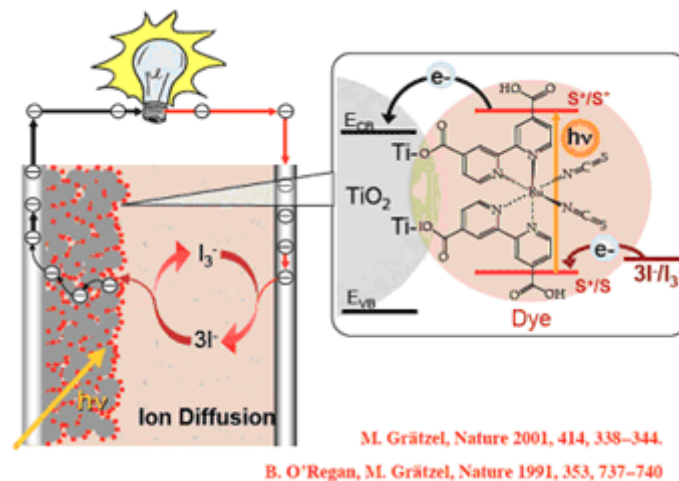
字級 A<sup>-</sup> A A<sup>+</sup>

染料敏化太陽能電池(Dyesensitized Solar Cells，簡稱DSSC)，被稱為新一代的太陽能電池，其構造為兩片導電電極、奈米多孔性TiO<sub>2</sub>、染料、電解質及活性對電極，而其中電解質扮演著重要的角色，不論對於高性能或長效性問題的解決，甚至成為成為量產化的重要關鍵之一。並且染料敏化太陽電池具有低材料成本、製程容易及製程設備簡單的特色，整體的成本約為傳統矽基太陽電池的1/5~1/10，引起能源界積極地投入這方面技術研究開發。

## 染料敏化太陽電池的工作原理

染料敏化太陽電池主要由奈米半導體多孔性材料、染料敏化劑、環化還原電對、對電極和導電基材所構成。工作流程圖如圖一，工作原理如下：

- 1.染料分子吸收太陽光後由基態躍遷到激發態。
- 2.激發態染料電子迅速注入到半導體材料的傳導帶中。
- 3.電子立刻傳遞到導電基材並傳導出去，經外線路傳至對電極。
- 4.處於氧化態的染料被電解質還原，回到原來的基態。
- 5.氧化態的電解質在對電極接受電子被還原，達到系統平衡。



## 電解質的組成

電解質在DSSC中所扮演著提供氧化還原電對的角色其組成可以包括氧化還原電對、溶劑、添加劑。以下將依次討論之：

### A. 氧化還原電對：

現今於DSSC中最常使用的氧化還原電對為I<sup>3</sup>-/I<sup>-</sup>，使用原因如下：1.所使用I<sup>3</sup>-/I<sup>-</sup>氧化還原能階能與染料的HOMO能階相匹配。2.在氧化還原電對I<sup>3</sup>-/I<sup>-</sup>中，I<sup>3</sup>-在液體有機溶劑中的擴散速率較快。有人也嘗試其他氧化還原電對(ex.Br<sup>-</sup>/Br<sub>2</sub>、SCN<sup>-</sup>/(SCN)<sub>2</sub>或SCN<sup>-</sup>/(SeCN)<sub>2</sub>)。

### B. 溶劑：

主要提供離子傳遞的環境，及溶解添加劑的溶劑，常見的有：腈類(如乙腈、甲氧基丙腈或戊腈等)、酯類(碳酸乙烯酯、碳酸丙烯酯等)，與水相比，這些有機溶劑對電極是惰性的，不參與電極反應，具有較寬的電化學窗口，不易導致染料的脫附和降解，其凝固點低，適用的溫度範圍寬。此外，它們也具有較高的介電常數和較低的粘度，能滿足無機鹽在其中的溶解和離解，並且溶液具有較高的電導度。

### C. 添加劑：

一般添加劑通常作為修飾TiO<sub>2</sub>相關性質改善電池效率；如：TBP、NMBI、LiI、NaI。當在電解質溶液中加入小體積的NaI或LiI時，Li<sup>+</sup>會吸附TiO<sub>2</sub>表面。此時吸附在表面的Li<sup>+</sup>可與導帶電子形成Li<sup>+</sup>-e<sup>-</sup>。由於表面的Li<sup>+</sup>-e<sup>-</sup>既可在TiO<sub>2</sub>表面遷徙，也有可能脫離TiO<sub>2</sub>表面遷移，其結果是明顯縮短了導帶電子在相鄰的或不相鄰的TiO<sub>2</sub>之間傳輸的阻力和距離。因此，在電解質溶液中加入Li<sup>+</sup>，可大幅度改善電子在TiO<sub>2</sub>表面的傳輸，從而提高太陽電池的J<sub>sc</sub>。

## 電解質的分類

由於DSSC是屬於化學電池，需要有電解質的存在，而絕大部分的電解質都是以液態電解質為基礎，但相對於電池長效性與商品化的角度來看，電解質內有機溶劑易揮發，會造成電解質內配方改變，電池失效；商品化時電池封裝受損，若為液態電解質，不但會使電池失效，電池漏液也會造成環境污染，也因此電解質未來的發展也是圍繞著在如何去克服電池壽命與封裝的問題上，在此將電解液分類成液態電解質(Liquid electrolyte)、膠態電解質(Gel electrolyte)及固態電解質(solid electrolyte)分別討論。

### (1) 液態電解質



質由於其擴散速率快、光電轉換效率高、組成成分易於設計和調整、對TiO<sub>2</sub>

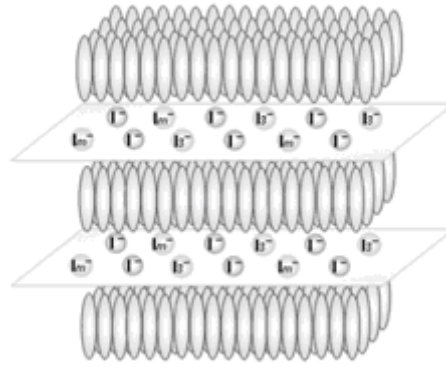
微孔性結構擁有良好的滲透性，在DSSC發展的初期，液態電解液也由於此而一直被廣泛研究，若採用染料N719，以0.6M 1,2-二甲基-3-丙基咪唑碘、0.1M I<sub>2</sub>、0.5M 4-叔丁基吡啶、0.1M LiI 和甲氧基乙腈的溶液作為電解質，在100mW/cm<sup>2</sup>(AM1.5)的光強和電池有效面積為0.1863cm<sup>2</sup>時，得到了J<sub>sc</sub>=20.53mA/cm<sup>2</sup>、V<sub>oc</sub>=0.72V、F.F.=0.7041、光電轉換效率為10.4%的太陽電池；Grätzel等研究的DSSC最高光轉換效率可達11.18%就一般高效率DSSC來說，現今液態電解質還是最好的選擇。

## (2) 離子液體的使用

離子液體是由陰離子及陽離子所組成的有機熔鹽，依不同組合方式，可超過一兆種。鹽類的熔點可高達 801 °C或低到-96 °C，所以為方便與高溫熔鹽做區分，通常把熔點低於 100 °C的熔鹽稱為室溫離子液體，簡稱為離子液體(IL)，近年來離子液體在化學上的應用非常廣泛。由於離子液體具有極低蒸氣壓、低熔點、高極性、不可燃性、耐強酸、高熱穩定性、高導電度、電化學性佳及較廣的液體溫度範圍(-96 ~ 400 °C)等特殊性質，尤其他具有良好的電導度及非揮發性，更值得注意的是，離子液體可透過陰陽離子的配對或烷基碳鏈長來改變其性質，以符合所需。

一般來說，在DSSC最常用的是咪唑類(Imidazolium)的離子液體。咪唑類陽離子不但可以吸附在奈米TiO<sub>2</sub>顆粒的表面，而且也能在納米多孔膜中形成穩定的Helmholz層，阻礙了I<sub>3</sub><sup>-</sup>與TiO<sub>2</sub>表面的接觸，有效地抑制再結合效應，從而大大提高了電池的F.F和效率。一般液態電解質所使用的溶劑大多是揮發性高的有機溶劑，此類的電解質雖然有較高的效率，相對來說揮發性的問題也對封裝及環境造成極大的挑戰，所以有人提出了以非揮發性且溶解性高的離子液體作為溶劑，可得到較穩定的液態電解質。但是另外伴隨的是由於離子液體黏度較高而導致離子移動效率變差，導電度有因此降低，製作成DSSC效率通常不會太高，Wang等人使用黏度較低的EMINSC獲得了6.6%的光電轉換效率。

碳鏈越長產生的黏度效應會越高，相對的效率也跟著變差，但也有研究發現長碳鏈的離子液體在某些狀態在會有液晶相產生，這些液晶相會使長碳鏈的離子液體產生整齊排列因而產生另一種以離子交換的傳導模式(如圖二)，其J<sub>sc</sub>會比無液晶相的離子液體高出許多。也提供了離子液體另一種設計的想法。



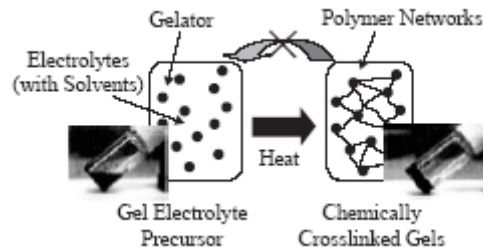
圖二、整齊排列的液晶相離子液體，碘離子傳導排列模式

### (3) 膠態電解質

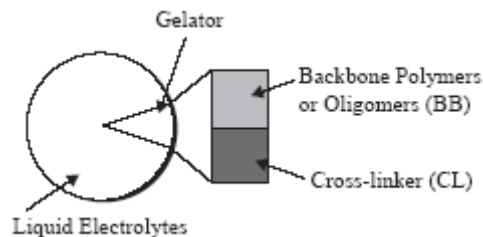
前文提到的液態電解質雖然可以使用非揮發的離子液體作為溶劑，以降低其揮發的可能，但是對於商品化的方向，還是需要非流動性的電解質才能解決例如漏液等的問題。所以基於非流動的設計，膠態電解質也因此孕育而生。膠態是介於液態與固態之間的物質，有著固體的型態，也有著液態中離子傳導的機制，對於化學電池來說，是解決漏液及封裝的方法之一，在DSSC的實用研究當然也不會缺席；以下分為兩種性質的膠態電解質：

(a) 凝膠型膠態電解質 (圖三、四)

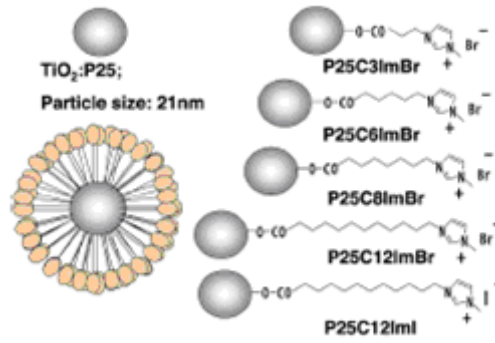
(b) 奈米粒子型膠態電解質 (圖五)



圖三、凝膠型膠態電解質成膠示意圖



圖四、凝膠型膠態電解質組成



圖五、Nano TiO<sub>2</sub>表面改質

#### (4) 純固態電解質

因為DSSC本質上還是屬於化學電池，所以之前所介紹的電解質都是屬於可氧化還原及可離子傳遞的電解質，液態電解質雖然有較高的效率，但溶劑的使用及漏液的影響，使其封裝及商充滿了困難，膠態電解質雖然無漏液的困擾，但膠態電解質還是屬於液態系統的電解質，化學污染的缺點依然存在，在此有人就針對純固態電解質作為構想，以電子電洞傳遞作為介質，完整個DSSC傳導通路，本文將分為(a)有機電洞傳輸材料、(b)無機p-型半導體材料分別介紹。

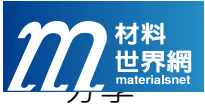
電解質之於DSSC是相當重要的一環，無論是效率的提升或者是未來商品實用化，電解質都扮演著決定性的角色，液態電解質雖然有較高的電導度，但是溶劑揮發及漏液的問題，使得純液態電解質實用化遇到了困難，雖然有使用離子液體來減少溶劑的使用，但效率上還是難以得到一個平衡；膠態電解質的出現，讓DSSC商品化出現了一些曙光，不具流動性，可使用Doctor blade製程的奈米型膠態電解質，更提供連續製程上極佳的選擇，雖然還有長效性及效率稍低的問題解決，但相信是一種極具有發展性的電解質；固態電解質雖然擁有低使用化學溶液的特性，雖然安全無虞，但由於對TiO<sub>2</sub>孔動滲透性過低，電子電動傳遞效率較差，至今還是在較低效率的階段，需要更多的資源投入，因為也只又達到純固態電解質才能得到最安全、綠色的環保產品。

作者：崔孟晉 / 工研院材化所

★本文節錄自「工業材料雜誌257期」，更多資料請見：

<https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=6901>





轉寄



聯絡我們

### 延伸閱讀

積水化學將於2030年前量產鈣鈦礦太陽電池

海上型太陽光電系統的技術與挑戰

太陽光電產業與技術發展近況

鈣鈦礦太陽光電模組穩定性之進展與挑戰

矽晶太陽電池技術概論

### 熱門閱讀

從2023德國國際包裝展看塑膠包裝材料之發展趨勢(上)

高安全性鈦酸鋰(LTO)電池於儲能技術之應用

接軌全固態，「半固態」電池商機潛力受矚目

顯示面板用膜材減碳技術

應用於顯示器的彩色光阻材料市場趨勢

◆ 金屬3D列印服務平台

◆ 捷貿企業有限公司(固態電池)

◆ 台灣賽默飛世爾科技股份有限公司

◆ 大東樹脂化學股份有限公司

◆ 友德國際股份有限公司

◆ 喬越實業股份有限公司

◆ 正越企業有限公司

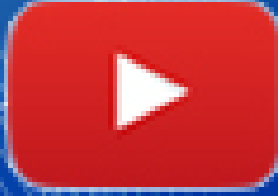
◆ 誠企企業股份有限公司

◆ 桂鼎科技股份有限公司

◆ 銀品科技股份有限公司

專家現場

# 無光罩產業聯盟



## 111年度「沼氣發電設備產業鏈推動計畫」 沼氣發電場觀摩會







# 解決家庭全方位用水安全

## 創新過濾膜材 奈米孔洞淨水模組

安全 · 節能 · 永續

更多 >


**山衛科技**  
 Samwell Testing Inc.

SRF 固體再生燃料  
 氣, 汞, 鉛, 鎘分析




**全國首創之**  
**臨場電鏡**  
**檢測服務**



**金屬3D列印**


**服務平台**

- ✓ 3D列印特用金屬粉末
- ✓ 金屬3D列印(積層製造)
- ✓ 高值產業應用例

提升產業附加價值  
 協助業界快速導入  
**混合分散技術網**  
 工研院材化所

**微結構分析研究室**  
 工研院材化所





材料世界網電子報

花小錢 看資料



材料世界網

工商廣告服務

新技術？

[網站簡介](#) [會員中心](#) [常見問題](#) [研討會](#) [隱私權聲明](#) [聯絡我們](#) [網站地圖](#) [好站連結](#)

版權所有 材料世界網

請尊重智慧財產權·勿任意轉載·違者依法必究

©2023 Materialsnet. All rights reserved.