

# 使用飛行時間法測量導電共軛高分子材料 MEH-PPV

## 電荷載子遷移率

\*李明蕙<sup>1</sup> 白小明<sup>2</sup>

<sup>1</sup>元智大學光電工程研究所

<sup>2</sup>元智大學 光電工程學系

### 摘要

本文以氯苯(Chlorobenzene) 作為MEH-PPV(poly[2-(2-ethylhexyloxy)-5-methoxy-1,4-phenylene vinylene])主要的溶劑。利用 飛行時間法(Time of Flight TOF) 測量技術學習電荷傳輸在導電高分子MEH-PPV的電荷載子遷移率。

關鍵字：氯苯、MEH-PPV、飛行時間法、電荷傳輸、電荷載子遷移率

E-mail：s965605@mail.yzu.edu.tw

### 一、前言

共軛高分子聚合物由於方便處理容易合成，而且 PPV 的可溶性衍生物具有理想的發光特性，在顯示應用上是最為廣泛被使用與學習。雖然在科學與技術應用上有許多進展，但在了解電荷傳輸與形態學之間的關係依然是個挑戰。[1]- [3]

電荷載子遷移率(Mobility,  $\mu$ ) 是光電材料中很重要的特性，因此有機材料電荷載子遷移率的研究是非常重要的，在半導體中會用霍爾效應來量測電荷載子遷移率，但是由於有機材料的電荷載子遷移率非常小，因此一般無機半導體所用的方法並不適用於有機半導體，量測電荷在有機材料中移動率最常見的有四種方法[4]，分別是：

(a) 電荷消散法(charge dissipation method)

(b) 瞬間電流法(transient current method)

(c) 飛行時間法(time of flight method , TOF)

(d) 空間電荷限制電流法(space charge limited current , SCLC method)

飛行時間法是常見測量電荷在有機材料中移動率的方法，表一為飛行時間法特性表，許多有機發光二極體或有機電晶體材料特性均可利用此方法測量，本研究中利用飛行時間法測量共軛高分子 MEH-PPV 薄膜的電荷載子遷移率。

飛行時間法				
特性	應用條件	缺點	優點	公式
測量電荷載子遷移率 電流穿越薄膜基板 的時間	1.載體形成的時間 $\ll t_f$ 2.載體成膜的厚度 $\ll L$ 3.均勻分佈的電場 4.電極的接觸為線性	1.難準備樣品與電極 2.儀器昂貴	1.準確 2.可獲得更多的資料	$\mu = L / t_f E$

表一 測量有機材料中電荷載子遷移率的方法

### 二、製作流程

首先將 ITO 玻璃基板放置在超音波震盪器中，為了保持基板的潔淨度須經過四道清洗程序，去除 ITO 玻璃表面微塵粒子與有機物。

藉由滴液塗佈(drop-casting) MEH-PPV 溶劑到 ITO 玻璃上調製厚的薄膜，將有覆著的薄膜靜置在氮氣箱中室溫乾燥 12 小時，再放入真空中靜置去除殘餘的溶劑 12 小時，接著將樣品安置在蒸鍍機中使用熱蒸鍍上 1000Å 金，圖 1 為 ITO 玻璃/MEH-PPV(5.5um)/Au (1000Å)樣品基本元件結構。

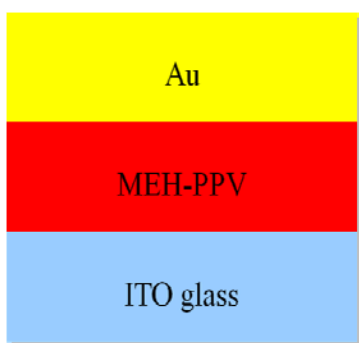


圖 1 元件基本架構

最後將樣品放置在真空低溫控制系統中，靜置 12 小時後，圖 2 為飛行時間法示意圖，使用一 532nm 綠光脈衝雷射光束從 ITO 側照射，因而在靠近界面的薄膜產生光激發的載子，接著施以一偏壓讓光激發的載子從 ITO/MEH-PPV 的界面移動至金屬電極，利用示波器記錄光電流於有機層中移動的時間特性，可以得到載子從一已知厚度(d)的有機層傳遞所需的時間( $t_T$ )。

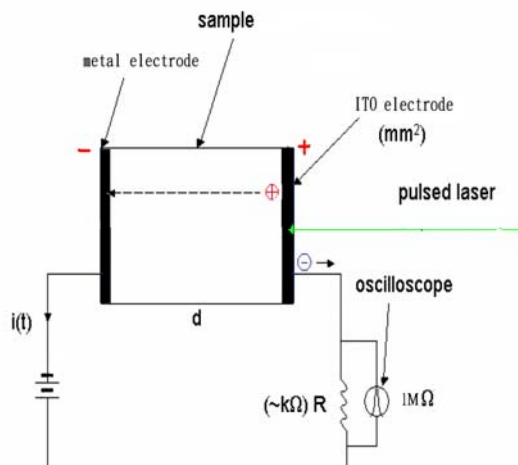


圖 2 飛行時間法的量測裝置[5]

最後再根據式 1 算出電荷載子遷移率。

$$\mu = \frac{v}{E} = \frac{d}{E \times t_T} = \frac{d^2}{V \times t_T} \quad (\text{式 1})$$

在示波器測量光電流於有機層中的時間特性曲線時，會有兩種情形，一種是非分散性另一種是分散性，如圖 3 所示曲線包含一個 RC 峰頂、高原期和一個清楚的轉換時間。轉換時間即為時間載體電流從一個電極移動到另一個電極。

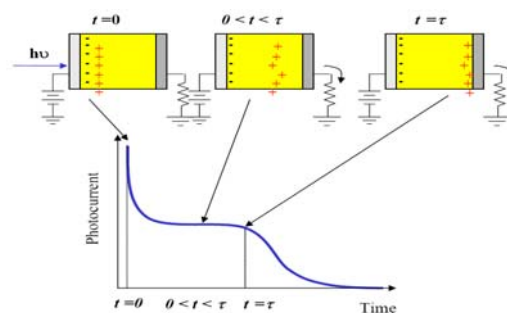


圖 3 非分散性圖表光電流測量，包含 RC 峰頂、一個高原期和一個清楚的轉換時間[6]

分散性在測量光電流有機層中是最為常見的特性曲線，如圖 4 所示由於轉換時間不易查看，所以須將圖形取 log-log 圖，及可找到轉換時間在曲線下降之間取兩條平行線的交叉點。

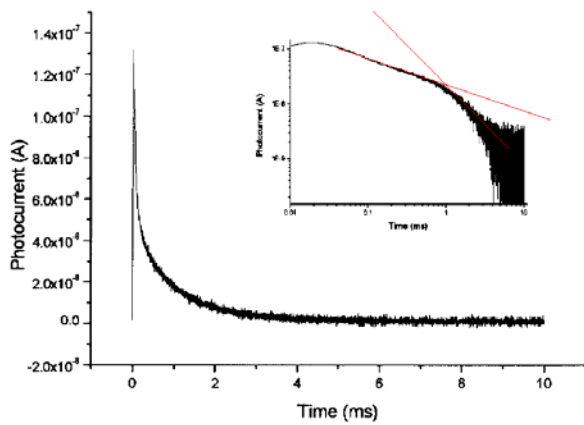


圖 4 分散線圖表光電流測量，小圖示即為取對數圖在兩條平行線的交叉點即為轉換時間[7] [8]

### 三、結果與討論

圖 5 為 MEH-PPV 薄膜的線性曲線圖，厚度為 5.5 $\mu$ m 電壓為 30V，由圖可知為非分散性曲線有明顯的高原，與清楚的轉換時間。

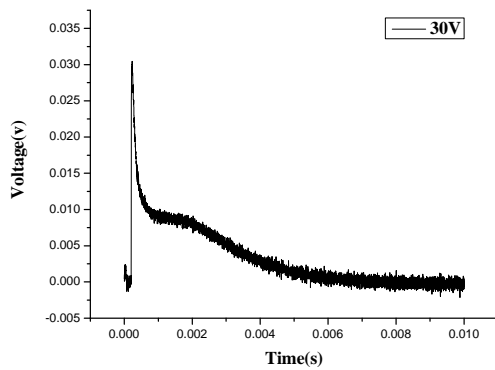


圖 5 MEH-PPV 薄膜特性曲線圖

由圖 6 所示，當電壓改變時，光電流在有機層中的傳輸時間特性曲線就會改變，MEH-PPV 膜厚度為 5.5 $\mu$ m，電壓由 20V-100V，電荷載子遷移率約為  $10^{-7}$ - $10^{-8}$ ，圖 7 為取 log-log 對數圖。

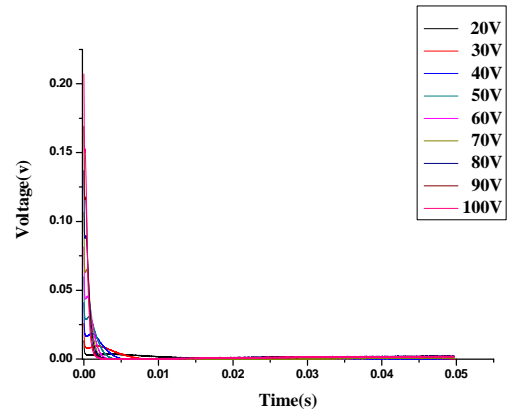


圖 6 MEH-PPV 薄膜在電壓 20V-100V 特性曲線圖

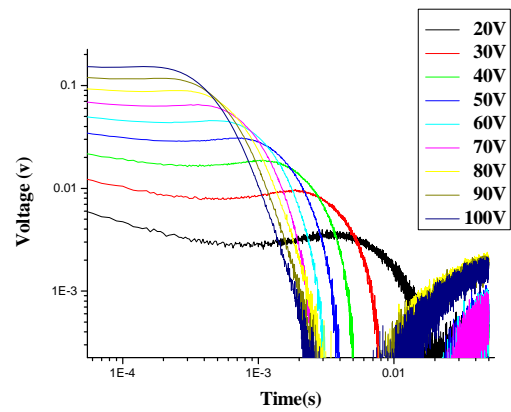


圖 7 MEH-PPV 薄膜在電壓 20V-100V，log-log 對數特性曲線圖

在不同溫度下電荷載子遷移率，也會隨之改變，圖 8 為 MEH-PPV 薄膜，在不同溫度下光電流特性曲線圖，當溫度改變由 325K-225K 時 MEH-PPV 薄膜電荷載子遷移率，由  $10^{-7}$  改變到  $10^{-8}$ ，由圖可知在低溫下載子遷移率會越來越差。

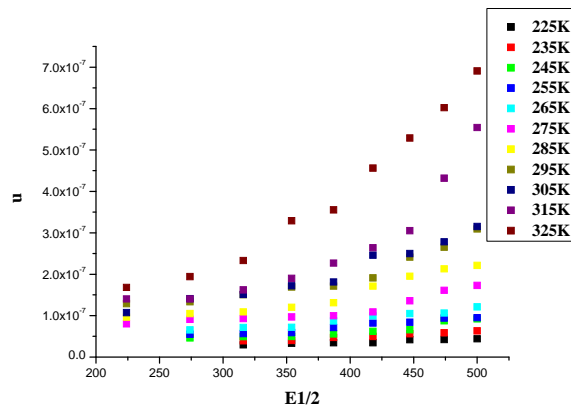


圖8 MEH-PPV薄膜在不同溫度下(225K-325K)載子遷移率

#### 四、結論

由於共軛高分子元件有光電流特性，所以電荷傳輸對於元件是很重要的，電荷傳輸可以決定元件的效率與生命週期，為了瞭解電荷傳輸行為，薄膜的好壞是很重要的，且形態學也會影響電荷傳輸行為，因此要在製作MEH-PPV薄膜上有更好的突破與改善。

#### 四、引用文獻

- [1] J.H. Burroughes, D.D.C. Bradley, A.R. Brown, R.N. Marks, K. Mackey, R.H. Friend, P.L. Burn, A.B. Holmes, Nature 347 (1990) 539.
- [2] T.-W. Lee, O.O. Park, Adv. Mater. 12 (2000) 801.
- [3] T.-Q. Nguyen, R.C. Kwong, M.E. Thompson, B.J. Schwartz, Appl. Phys. Lett. 76 (2000) 2454.
- [4] 『OLED有機電激發光材料與元件』，作者:陳金鑫 黃孝文，2006年7月
- [5] 黃健耀, ELECTRONIC STRUCTURE AND TIME OF FLIGHT. 2003, The Ohio State University.
- [6] Inigo, A.R., et al., Non-dispersive Hole Transport in a Soluble Poly (p-phenylene vinylene). Advanced Materials, 2001. 13(7): p. 504-508.
- [7] Pfister, G. and H. Scher, Dispersive (non-Gaussian) transient transport in disordered solids. Advances In Physics, 1978. 27(5): p. 747-798.
- [8] Scher, H., Time scale invariance in transport and relaxation. AIP Conference Proceedings, 1992. 256: p. 485.