

# 以混合聚(3,4-二氧乙基噻吩)-聚苯乙烯磺酸和聚乙烯亞胺之混合物當為空乏型有機薄膜電晶體的主動層

林育儒<sup>1</sup>、李昱璋<sup>1</sup>、溫添進<sup>2</sup>、黃黎明<sup>2</sup>、葉宏建<sup>1</sup>、陳英國<sup>3</sup>、王永和<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>國立成功大學電機資訊學院微電子工程研究所

<sup>2</sup>國立成功大學化學工程系

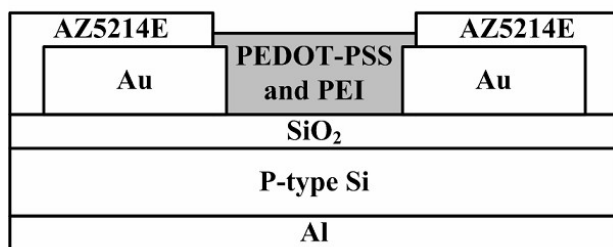
<sup>3</sup>國立成功大學光電工程研究所

yhw@eembox.ncku.edu.tw

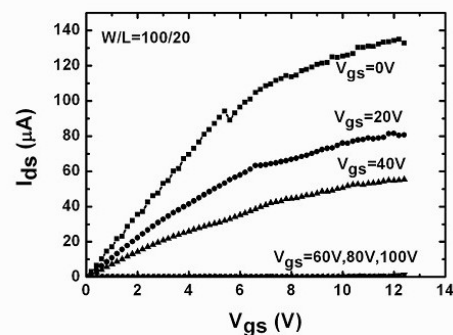
Applied Physics Letters 91, 253501 (2007)

**有**機半導體材料因其具有可撓性、製程簡易和價錢低廉的優點，所以吸引大量的研究人員將其應用於薄膜電晶體(thin film transistor)上，聚(3,4-二氧乙基噻吩)(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)) (PEDOT)可藉由摻雜使其導電度從1到100 S/cm，若以聚苯乙烯磺酸(poly(styrene sulfonic acid) (PSS))為摻雜物，PEDOT的導電度通常為10 S/cm，PEDOT通常是應用於當成有機發光二極體的載子注入層或是透明電極，然而，卻沒有文獻記載利用主動層導電度的調變來製作有機薄膜電晶體(organic thin film transistor) (OTFT)，在本篇文章中，利用PEDOT的導電度調變機制來製作一個空乏型有機薄膜電晶體。

圖一是以PEDOT-PSS和PEI混和物為主動層的有機薄膜電晶體元件架構。圖二為其有機薄膜電晶體之I-V特性曲線圖，閘極的偏壓是從0量測至100伏特，其中每20伏特量測一次，而汲極偏壓為從0量測至12.5伏特，當閘極-源極偏壓為0伏特時，汲極電流會隨著汲極偏壓的增加而漸漸加大，這是因為被PSS所摻雜的PEDOT擁有較高導電度所致。



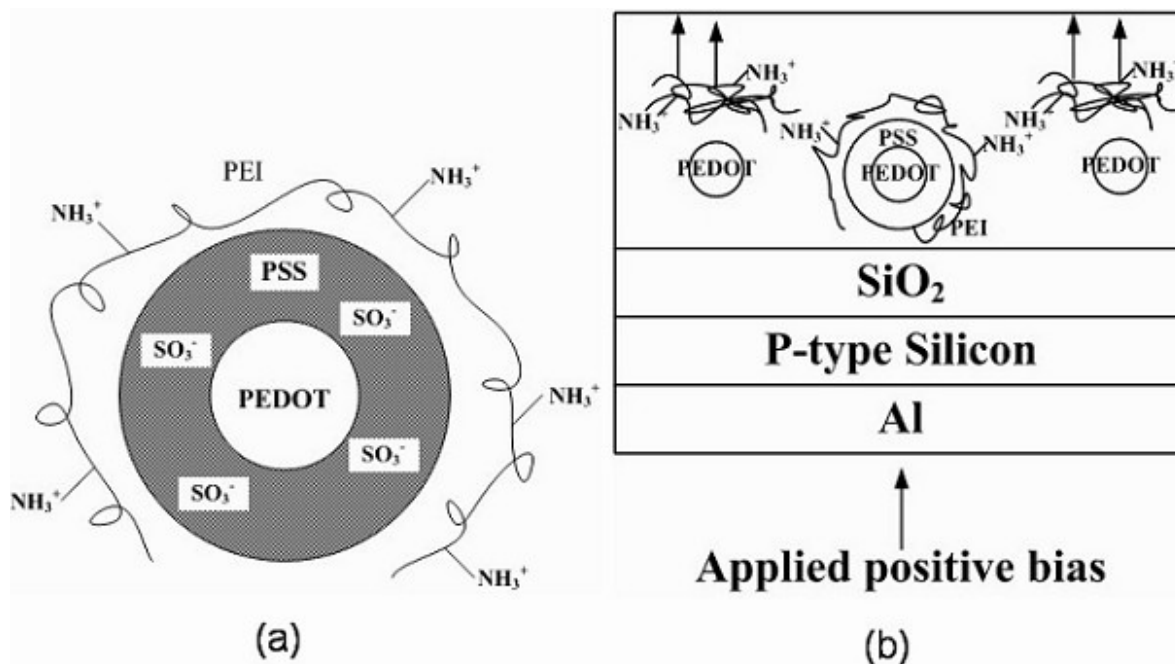
圖一 以PEDOT-PSS與PEI為主動層的有機薄膜電晶體的元件結構



圖二 以PEDOT-PSS與PEI為主動層的有機薄膜電晶體的I-V特性曲線圖

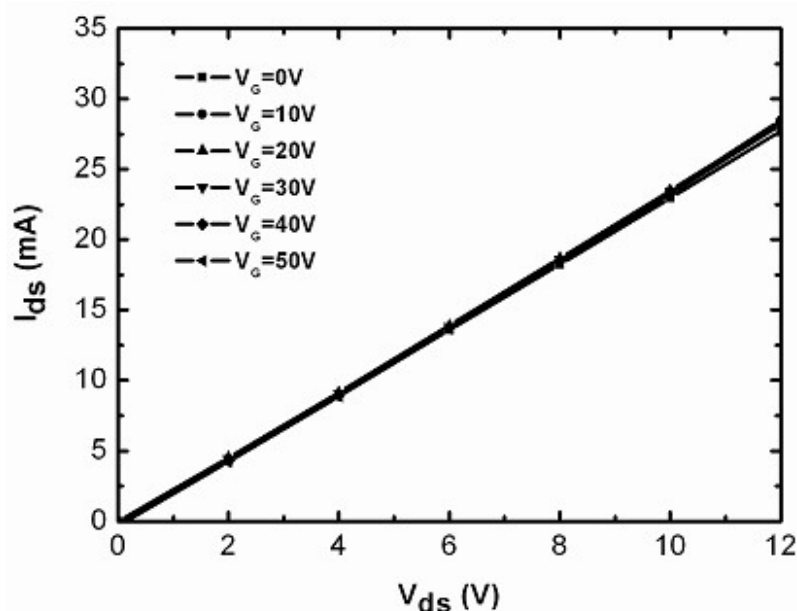
當加於閘極-源極之間為正偏壓時，汲極-源極之間的電流會隨著閘極-源極之間的偏壓的增加而遞減，這個原因是因為施加正偏壓於閘極時，PSS中的 $\text{SO}_3^-$ 會傾向於與PEI中的 $\text{NH}_3^+$ 連結(如圖三(a)所示)，當一正偏壓施加於閘極時，會在通道中形成電場，PEI和PSS的連結物會在電場的作用下從PEDOT中被移開並且降低PEDOT的導電度(如圖三(b)所示)，導電度的降低是因為電荷載子被定域在硫原子中，因此在相同的汲極-源極偏壓下，PEDOT-PSS-PEI有機薄膜電晶體的汲極-源極電流會低於PEDOT-PSS有機薄膜電晶體，當施加更大的閘極偏壓時，會造成更大的閘極-源極電場，就會有更多的PSS從PEDOT中被移開，換句話說，施加更大的閘極偏壓就會造成更低的汲極電流，最後當閘極-源極偏壓施加至100伏特時，汲極電流就低至 $10^{-7}$ ~ $10^{-8}$ 安培，

此有機薄膜電晶體是為空乏型有機薄膜電晶體如圖二所示，在閘極-源極偏壓範圍為0到100伏時，此有機薄膜電晶體的開關比(on/off ratio)大約為 $10^3$ ，場效遷移率(field effect mobility)為 $1.94 \text{ cmVs}^{-1}$ ，次臨界電壓(subthreshold voltage)為 $6.67 \text{ V/decade}$ 。



圖三 (a) PEDOT-PSS與PEI的混和結構，(b) 空乏型有機薄膜電晶體的操作機制

為了證明PEI在PEDOT-PSS-PEI有機薄膜電晶體中的作用，吾人製作一個僅以PEDOT-PSS不含PEI為主動層的有機薄膜電晶體，而圖四為此不含PEI的有機薄膜電晶體的I-V特性曲線圖，從圖四中所示，與含有PEI的有機薄膜電晶體比較起來，此有機薄膜電晶體不具有電晶體的特性，但是汲極電流比較大，這是因為在PEDOT-PSS-PEI有機薄膜電晶體中，PSS的 $\text{SO}_3\text{-H}^+$ 連結了PEI中的 $\text{NH}_3^+$ ，使得電荷載子被定域於硫原子中造成導電度降低。



圖四 僅以PEDOT-PSS不含PEI為主動層的有機薄膜電晶體的I-V特性曲線圖，此元件不具有電晶體特性

最後，吾人證實了以PEDOT-PSS和PEI混和物為主動層的有機薄膜電晶體是以空乏型模式操作，此有機薄膜電晶體擁有較大的汲極電流可應用在類比電路上，此有機薄膜電晶體的開關比大約為 $10^3$ ，場效遷移率為 $1.94 \text{ cmVs}^{-1}$ ，次臨界電壓為 $6.67 \text{ V/decade}$ ，若有機薄膜電晶體的主動層材料不添加PEI，元件只顯示出電阻的特性而不具備電晶體特性，因此PEI在通道的導電度調變機制上是關鍵的角色。

*Copyright 2009 National Cheng Kung University*