

# 國立交通大學

物理研究所

碩士論文

熱電子有機高分子電晶體

Hot Electron Polymer Transistor



研究生：楊士昌 (Shih-Chang Yang)

指導教授：孟心飛 教授 (Prof. Hsin-Fei Meng)

洪勝富 教授 (Prof. Sheng-Fu Horng)

中華民國九十三年六月

熱電子有機高分子電晶體

Hot Electron Polymer Transistor

研究生：楊士昌

Student : Shih-Chang Yang

指導教授：孟心飛

Advisor : Hsin-Fei Meng

洪勝富

Sheng-Fu Horng

國立交通大學  
物理研究所  
碩士論文



Submitted to Institute of Physics

College of Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Physics

June 2004

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年六月

## 摘要

在有機電晶體的領域中，目前仍然偏重於 MOS 結構的場效薄膜電晶體，然而在這樣的結構下，載子的通道(即源極與汲極間的距離)必須用黃光微影的方式去定義出來，雖然做到微米等級的尺寸，在製程上並沒有太大的困難，但是因為有機高分子的載子遷移率並不高，如果要獲得較大的電流密度，則必須將通道的尺寸縮小至奈米等級，這不僅需要龐大的經費購買器材，在製程上也有很高的困難度。

本論文主要是利用有機高分子材料製作垂直式電晶體，將兩個二極體反向相接，射極注入的熱載子在超薄的金屬基極中傳輸，再被集極接收，則載子的通道尺寸可由蒸鍍的金屬厚度決定，可以輕易的做到奈米尺寸，具有製程簡單且成本低廉的優點。

垂直式有機電晶體的結構為以玻璃為基板，ITO 薄膜為集極電極，以旋轉塗佈的方式，成長 P3HT 作為集極(Collector)，接著蒸鍍上很薄的鋁(Al)當作基極(Base)，再旋轉塗佈 PVK 成為射極(Emitter)，最後再蒸鍍金(Au)為射極電極，完成 PVK(E)-Al(B)-P3HT(C)的半導體-金屬-半導體的 SMS 結構電晶體。

我們實驗室成功做出了第一個高分子-金屬-高分子電晶體，在共射極(Common Emitter)主動模式(Active mode)的操作下具有調變作用，而且當基極電流  $I_B$  為  $-2 \times 10^{-7} \text{ A}$ ，集極電壓-10V 時，集極電流  $I_C = -1.417 \times 10^{-6} \text{ A}$ ，共射極電流增益  $\beta = 7.08$ 。

**關鍵詞：有機電晶體、P3HT、垂直式電晶體、有機半導體-金屬-有機半導體電晶體**

## Abstract

The MOSFET structure is almost be used in polymer transistor. In this structure, the channel length is defined by photolithography. It is easy process to fabricate micrometer channel length. Because the mobility of polymer is small, we must manufacture nanometer channel length if we want to have large current density. It is expensive to buy the facilities and difficult to process.

In this thesis, we use polymer material to fabricate vertical transistor. We connect two diodes each other. The hot carrier that inject from emitter will transport in thin metal base and collect by collector. The channel size is defined by thickness of evaporation metal. It is easy process and low cost to fabricate nanometer channel length.

The structure of vertical polymer transistor is glass substrate, ITO film as collector electrode, the collector is P3HT film by spin coating, then evaporate very thin Al as base, and spin PVK to fabricate emitter, finally the emitter electrode is Au evaporation. A semiconductor-metal-semiconductor structure transistor use PVK-Al-P3HT is completed.

Our group is the first to fabricate a polymer-metal-polymer transistor. In common emitter active model operation, the transistor can be modulated. When base current  $I_B = -2 \times 10^{-7} \text{ A}$ , collector voltage  $V_{CE} = -10 \text{ V}$ , obtain collector current  $I_C = -1.417 \times 10^{-6} \text{ A}$ , common emitter current gain  $\beta = 7.08$ .

**Keyword : polymer transistor · P3HT · vertical transistor · organic-metal-organic transistor**

## 誌謝

本論文的完成必須要感謝許多人在我兩年的研究生涯中給予的協助，使我能夠在這段寶貴的時間裡持續學習成長，雖然在實驗過程與論文撰寫上遭遇不少的困難與挫折，也付出許多心血，但是隨著論文的完成，一切的辛苦也變成甜美的回憶。

兩年的研究生涯在讀書與實驗中飛快的渡過，在充實的生活中要感謝的人實在是太多了，但是首先要感謝的就是指導教授：孟心飛老師與洪勝富老師，兩位老師對於實驗以及理論方面都給予細心的指導，開展了我的視野，讓我對有機高分子與半導體有了更深的認識，在其他方面也有進一步的了解，此外，也不斷的積極向外發展，尋求更多的合作關係與資源，爭取經費讓我們的實驗可以持續不斷的有所進展，添加新設備擴展實驗的可能性。在學長的帶領下，對於實驗的製程細節有深入的了解，感謝已經畢業的俊欣、美鳳、長治、明宗以及博士班的宜秀、華賢、家勳、紀互等各位學長姐的經驗傳承，在老師的指導以及學長姐的努力下，實驗室於 2003~2004 年陸續在著名的期刊發表了許多篇我們的實驗成果，實驗室的成長是大家有目共睹的。

實驗過程中，同學以及實驗室所有成員彼此協助與鼓勵，更激勵自己克服實驗上的挫折與困難，向目標前進，而同屆的各位夥伴，宗龍、貴凱、柏倫、明燃、國楨、欲忠、勃學在實驗和理論上也努力不懈，讓實驗室未來的發展非常美好，下一屆的學弟們也非常優秀，玄菱、世昌、信榮、宗衛、源祐、認真學習的態度讓實驗不會產生斷層，也是未來的希望。

最後要感謝支持我讀研究所的家人與朋友，，謝謝爸、媽、大姐、姐夫、二姐、弟，因為有你們的支持，我才可以無後顧之憂的完成研究生涯，還有雅，謝謝你在我最沮喪失意時給我的安慰與關懷，我將永遠記得。

楊士昌謹識

交通大學物理研究所 九十三年六月