

作品名稱:

“可拉伸且自行修復”的電晶體元件之研究

研究動機:

在高中課程中有學到半導體分為P型與N型，P型為矽加入3A族元素，利用電洞傳電；N型為矽加入5A族元素，利用電子傳電；再者，近日samsung在消費電子展(CES)中發布了一款可折疊式的智慧手機。這些使我對半導體感到有興趣。

但現在一般電子設備中導體往往堅硬、彈性小又不可癒合、不好塑型，如果能改進電子設備的材料，始之具生命體的柔軟與自癒能力，那麼是不是就能使科學家們設計更好的可穿戴設備。

研究目的:

1. 探討半導體中加入有機和無機材質時對其效能的影響
2. 研究半導體中高分子溶液加入彈性體後對其效能的影響
3. 半導體中高分子溶液加入彈性體後退火和未退火對其導電效能的影響
4. 製作”可拉深且自行修復”有機薄膜電晶體元件之研究

研究設備與器材

設備:

微量吸管 spin-coator
手套箱
旋轉塗料機 Pipette
半導體量測儀
蒸鍍器
加熱板
真空罩
PI耐溫膠帶
蒸鍍機
光學顯微鏡



材料:

WAFER 矽晶圓
WAFER 矽晶圓 (透過 n-octadecyl trimethoxysilane (OTS) 進行改質過) (圖四)
poly(3-hexylthiophène-2,5-diyl) 聚(3-己基噻吩-2,5-二基) (P3HT) (圖五)
Polyisobutylene 聚異丁烯 (彈性體 PIB) (圖六)
甲苯
Polydimethylsiloxane 聚二甲基矽氧烷(PDMS) (圖七)
Au 黃金

研究過程與方法:

1. 先將經表面改質的矽晶圓(OST)切成適當大小(1.6 x 1.6 cm<sup>2</sup>)，高分子半導體選用 P3HT、彈性體 PIB。
2. 配置溶液:  
高分子半導體 P3HT 6 mg 混和彈性體 PIB 9mg 溶於 1 ml 無水甲苯，以 80°C 加熱 1 小時。(圖九)
3. 接著把矽晶圓放置於手套箱內旋轉塗料機的板上，以微量吸管抽取 150 μl 高分子溶液放在基板上(圖十)(圖十)，靜置 60 秒後，再以 1000 rpm 旋轉塗佈 60 秒，再放於加熱板上以真空罩抽取真空加熱 120°C，並將一部分退火 1 小時。

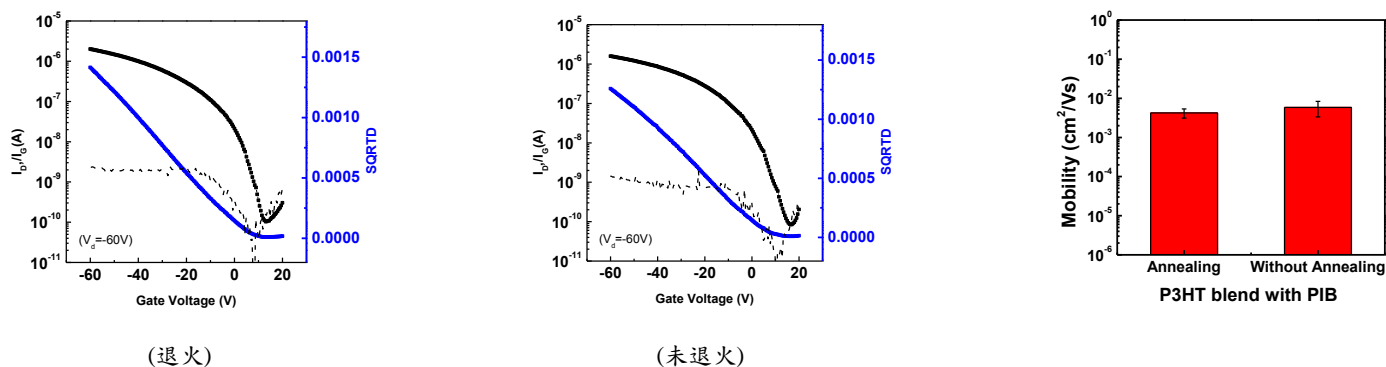
4.再來將退火後的矽晶圓，取適量 PDMS 薄膜，輕輕的覆蓋於矽晶圓上(不可產生氣泡，以免撕取後高分子溶液無附著在 PDMS 薄膜上)，快速撕取，即完成初步軟式半導體。

5.將電晶體上層部分小角半導體層與介電層刮除

6.量測製作完的電晶體的電性，在光學顯微鏡下(圖十四)，將探針分別放置於閘極上與兩個金電極上，以電流感應原理，利用半導體量測儀，觀察電流。

### 研究結果:

一般傳統半導體，通常需要熱退火，達使半導體能有更好的電子遷移率。但我們將 P3HT 中參合 PIB 彈性體後，發現不管是否有經退火程序，都可達到差不多的電子遷移率，是故能減少製作的時間以及能源的釋放。

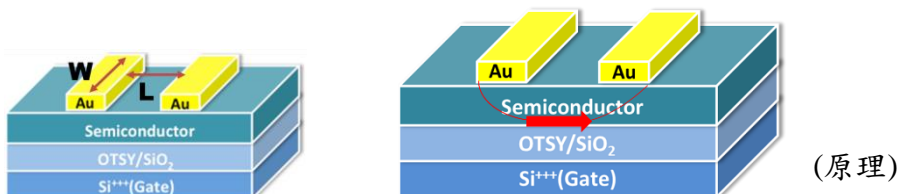


### 討論:

1. 一般場效有機薄膜電晶體會透過熱退火的方式來增加分子間的排列，增加結晶度，進而提升元件效能，但在我們的研究結果發現經熱退火處理的原件和未經熱退火處理的原件效能可以達到一樣的效能。其原因是因為導入了絕緣的彈性體，造成相分離，使得共軛高分子排列更加密集，可以達到一樣的效果。

透過  $I_{DS} = \frac{W}{2L} \mu_{sat} C_i (V_G - V_{TH})^2$  可得實驗數據，其中  $I_{DS}$  為汲極電流、 $W/L$  為電極寬高比、 $C_i$  為介電層之電容、 $V_G$  為閘極電壓、 $V_{TH}$  為門檻電壓(threshold voltage)，介電層為二氧化矽(Silicon oxide)，其電容值為  $10 \text{ nF/cm}^2$ 。

- L:通道長度
- W:通道寬度
- $C_i$ :閘極介電層每單位面積電容
- $V_i$ :臨界電壓
- $\mu$ :場效載子遷移率



2. 透過實驗數據可以發現我們的材料適合製作有機薄膜電晶體，此外我們透過混入彈性體增加薄膜的可拉伸性，但由於還在實驗當中，目前無法量測拉深後的薄膜元件數據，但此方法已經被證實可以用來製作可拉伸是薄膜電晶體。

### 結論:

經過本實驗可以發現，透過將共軛高分子 P3HT 混摻彈性體 PIB，可以提升其拉伸性，讓薄膜再受到拉伸應力下可以維持其效能，但由於有一定的技術門檻在，因此可拉伸式的薄膜還在實驗階段，假如未來成功後，再導入自我修復的部分就能完成可拉伸且自我修復的電晶體元件