

#### 第四章 實驗結果與討論：

##### 4、修飾電極：

本部分實驗希望用氧化金屬層來修飾電極進而減少界面電阻[45]，以提升元件整體特性，在修飾電極部分我們使用兩種氧化金屬： $\text{MoO}_2$  與  $\text{V}_2\text{O}_5$ ，而電極部分我們選擇 Al 和 ITO。由圖 4.1 可以看到 Al 和 ITO 的功函數與 pentacene 的 HOMO 並不匹配，所以能障較大因而有較大的界面電阻，然而藉由  $\text{MoO}_2$  和  $\text{V}_2\text{O}_5$  來修飾，可以利用  $\text{MoO}_2$  與  $\text{V}_2\text{O}_5$  的功函數和 pentacene HOMO 比較接近，來降低界面電阻。

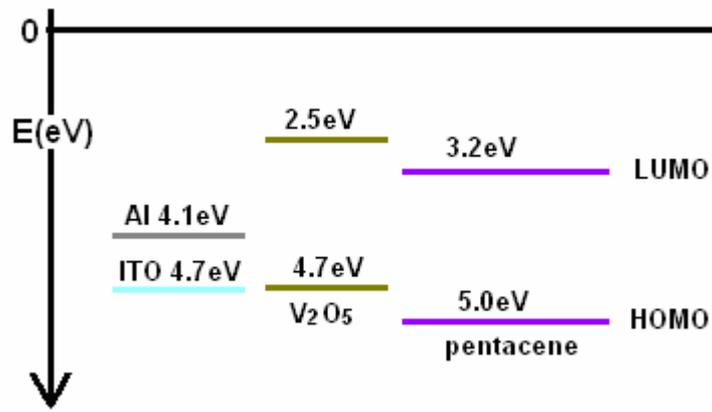


圖 4.1 電極、修飾電極與 pentacene 能階圖。

近年來有人研究以氧化金屬修飾電極 Al，可以有效提升 Al 電極元件的特性[45]，因此我們先重複其實驗於我們的基板上，看是否有提升元件特性的效果。而當電極為 ITO 時即可有機會製作高穿透率的電晶體，如應用於驅動 LCD 面板上，則可提高開口率如圖 4.2，因為我們元件的絕緣層 PVP 和修飾金屬層是透明的，而主動層 pentacene 為藍紫色的半透明層，因此有機會做成高光穿透度有機薄膜電晶體，不過由於 ITO 與 pentacene 界面特性不佳，所以導致元件特性不好，因此我們嘗試利用氧化金屬層來修飾 ITO 電極，藉以提昇元件特性，並製作出高效能透明有機薄膜電晶體。

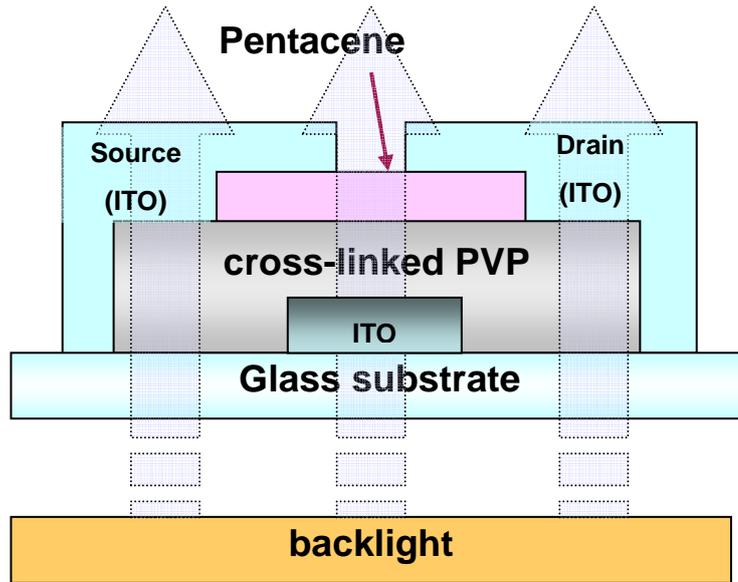


圖 4.2 高穿透率有機薄膜電晶體示意圖。

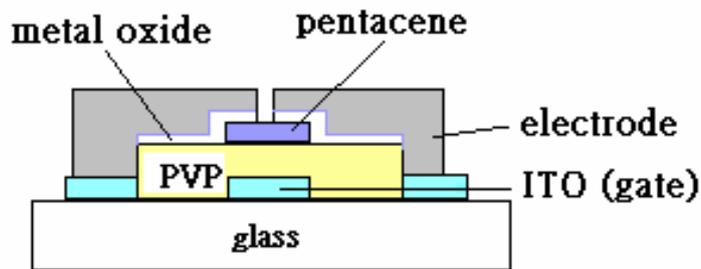


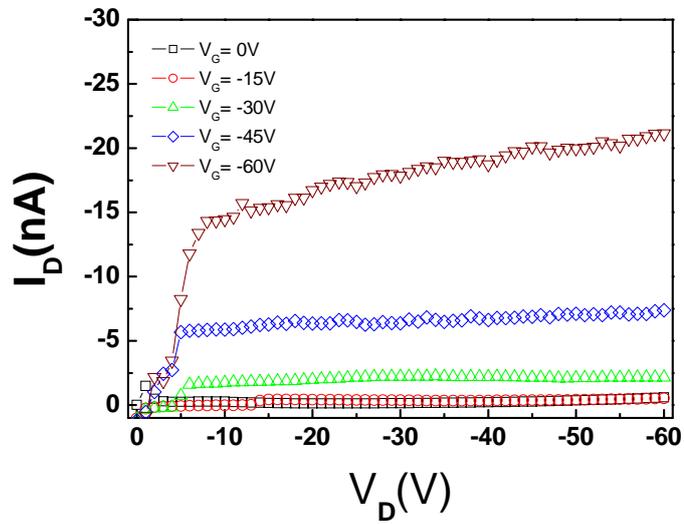
圖 4.3 實驗元件結構圖。

圖 4.3 為我們元件結構示意圖，我們的元件是製作於 ITO 玻璃基板上，藉由微影蝕刻定義我們的閘極 ITO，絕緣層使用 PVP 厚度為 600nm、有機半導體層 pentacene 厚度為 600 Å、改變不同修飾電極層  $\text{MoO}_2$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$  厚度從 0 Å~400 Å、電極厚度為 500 Å。

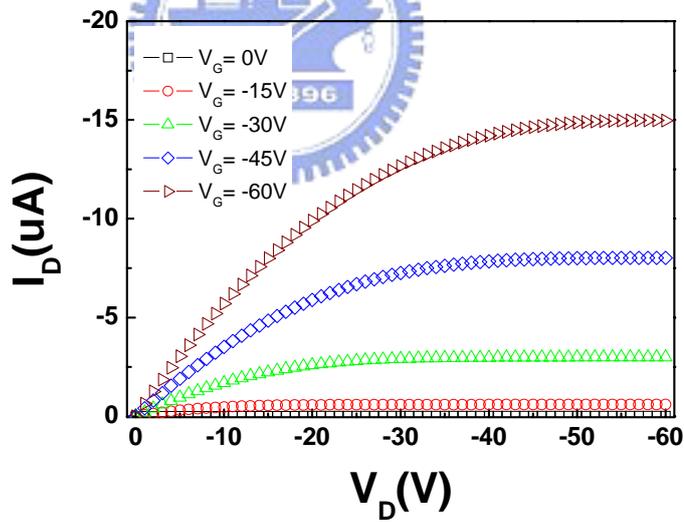
#### 4.1 $\text{V}_2\text{O}_5+\text{Al}$ :

使用 ITO 做為我們的閘極、Al 為源極和汲極、 $\text{V}_2\text{O}_5$  為修飾電極，元件製作完成後我們利用 HP4156A 量測  $I_D-V_D$  和  $I_D-V_G$  圖，圖 4.4 為比較純 Al 和經由  $\text{V}_2\text{O}_5$  (300 Å) 修飾後的  $I_D-V_D$  圖，可發現電流從 20nA 提升至 15 $\mu\text{A}$

約提高了 1000 倍，所以加入氧化金屬層之後確實能提升元件特性。



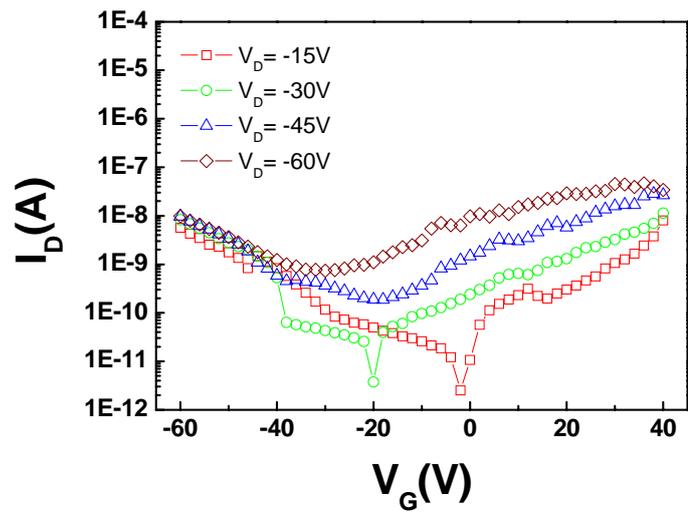
(a)



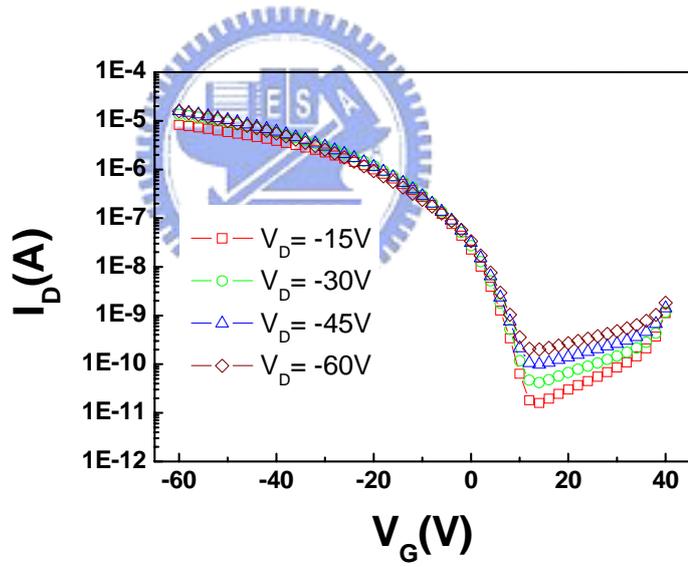
(b)

圖 4.4 比較純 Al (a) 和經由  $V_2O_5$  (200 Å) (b) 修飾後的  $I_D$ - $V_D$  圖。

而圖 4.5 為比較  $I_D$ - $V_G$  圖，可以明顯發現 on/off ratio 有顯著提升，從  $I_D$ - $V_G$  看來元件也具有較好的特性。

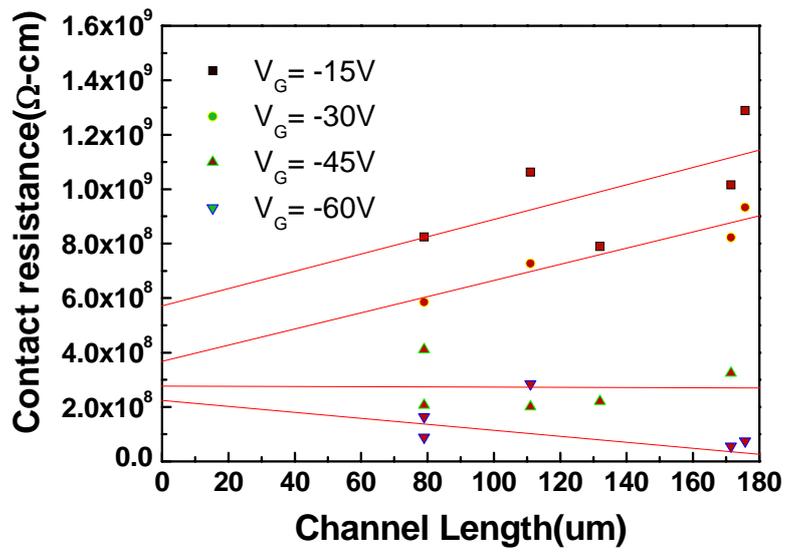


(a)

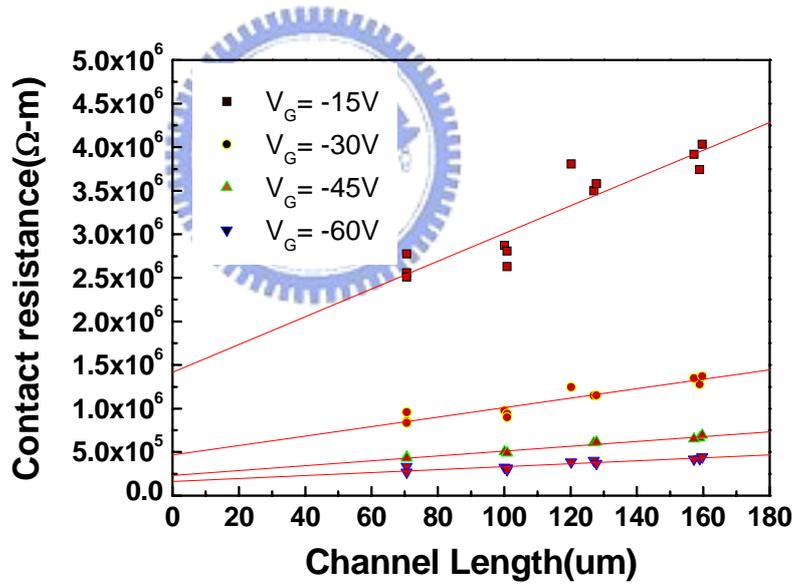


(b)

圖 4.5 比較純 Al (a) 和經由  $V_2O_5$  (300 Å) (b) 修飾後的  $I_D$ - $V_G$  圖。



(a)



(b)

圖 4.6 利用 transfer line method 得到 contact resistant 圖

(a) 純 Al (b)  $\text{V}_2\text{O}_5$  (300 Å) + Al。

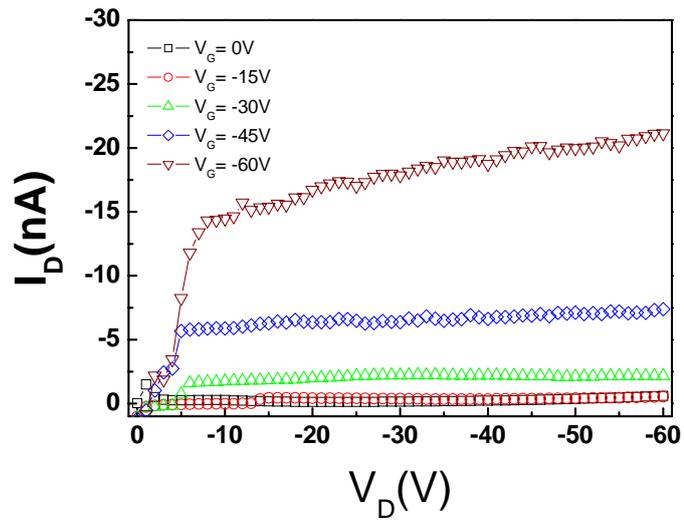
表 4.1 整理不同  $V_2O_5$  厚度修飾電極 Al 的元件特性。

| $V_2O_5$ (Å) | mobility( $cm^2/Vs$ )                  | on/off ratio                        | s.s. (V/decade) | contact resistance( $\Omega\text{-cm}$ ) |
|--------------|--|-------------------------------------|-----------------|--|
| 0            | $4.3 \times 10^{-4}$                   | $4.7 \times 10^2$                   | 28.5            | $5.5 \times 10^7$                        |
| 100          | $5.9 \times 10^{-3}$                   | $1.3 \times 10^3$                   | 8.4             | $3.1 \times 10^6$                        |
| 200          | $1.3 \times 10^{-2}$                   | $1.2 \times 10^4$                   | 7.6             | $5.0 \times 10^5$                        |
| <b>300</b>   | <b><math>6.8 \times 10^{-2}</math></b> | <b><math>1.1 \times 10^5</math></b> | <b>8.1</b>      | <b><math>2.3 \times 10^5</math></b>      |
| 400          | $5.3 \times 10^{-2}$                   | $3.9 \times 10^4$                   | 10.4            | $2.4 \times 10^5$                        |

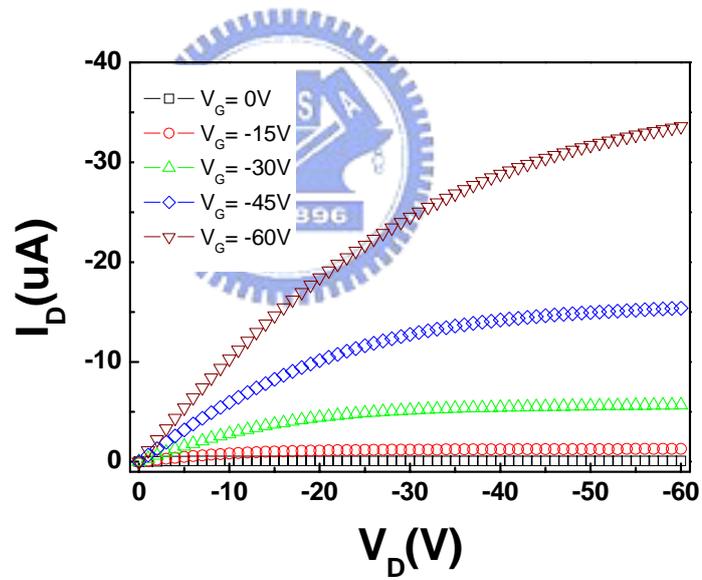
由表 4.1 實驗結果可以發現當 Al 加入一層  $V_2O_5$  後，在 mobility 和 on/off ratio 等方面元件特性有顯著的提升，mobility 從  $4.3 \times 10^{-4}$  ( $cm^2/Vs$ ) 上升至  $6.8 \times 10^{-2}$  ( $cm^2/Vs$ ) 上升了約 30 倍且 on/off ratio 上升了約兩個數量級，由圖 4.6 可看到接面電阻在加入  $V_2O_5$  修飾後會大幅下降兩個數量級，所以加入  $V_2O_5$  後確實可以降低接面電阻，因而提升元件特性，這也和其他人利用氧化金屬修飾電極 Al 有相同的效果。由實驗結果可看出目前  $V_2O_5$  修飾電極 Al 在厚度 300 Å 下元件特性最好。

#### 4.2 $MoO_2+Al$ :

使用 Al 為源極和汲極、 $MoO_2$  為修飾電極，圖 4.7 為比較純 Al 和經由  $MoO_2$  (300 Å) 修飾後的  $I_D-V_D$  圖，亦可發現電流從 20nA 提升至 35 $\mu$ A 提高了約 1000 倍。

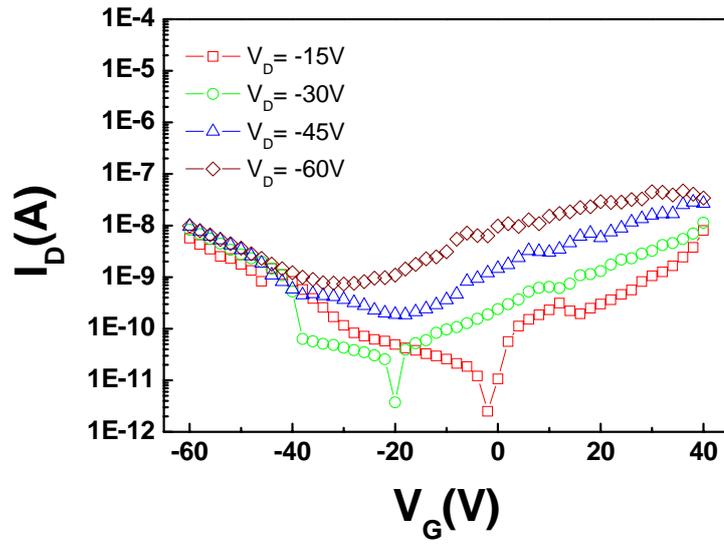


(a)

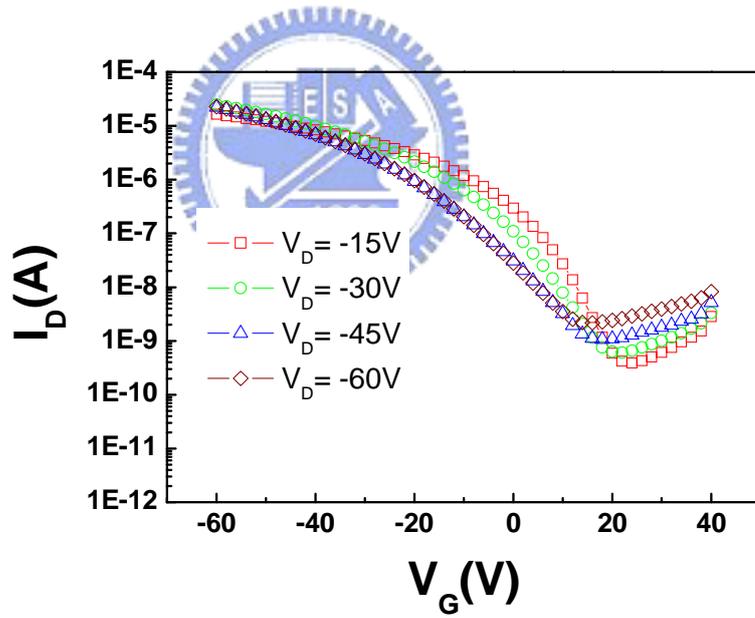


(b)

圖 4.7 比較純 Al (a) 和經由  $\text{MoO}_2$  (400 Å) (b) 修飾後的  $I_D$ - $V_D$  圖。

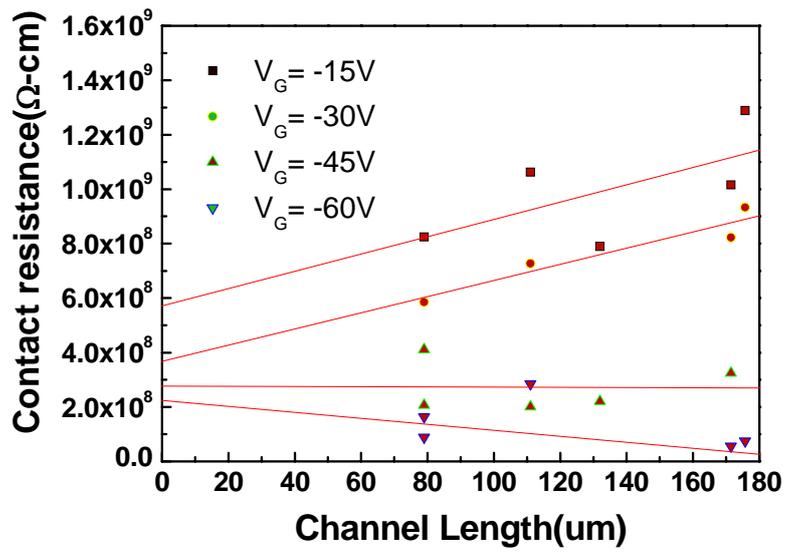


(a)

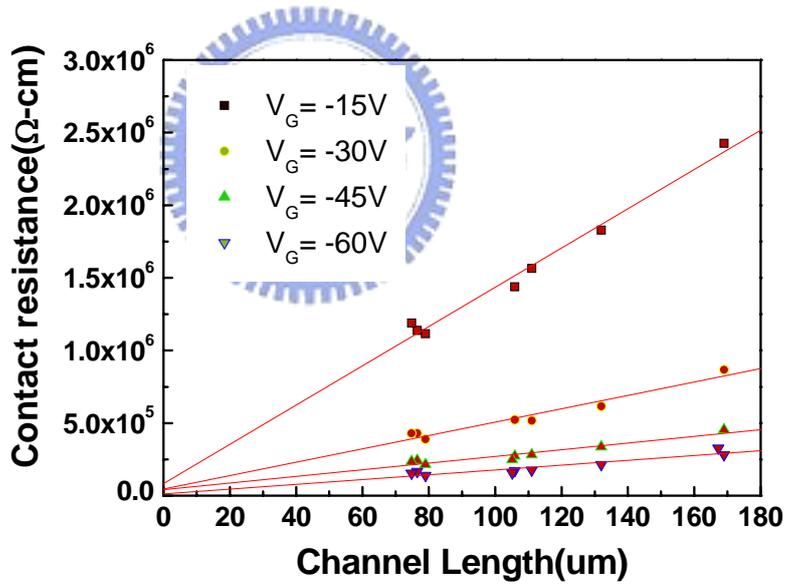


(b)

圖 4.8 比較純 Al (a) 和經由  $\text{MoO}_2$  (400 Å) (b) 修飾後的  $I_D$ - $V_G$  圖。



(a)



(b)

圖 4.9 利用 transfer line method 得到 contact resistant 圖

(a) 純 Al (b)  $\text{MoO}_2$  ( $400 \text{ \AA}$ ) + Al。

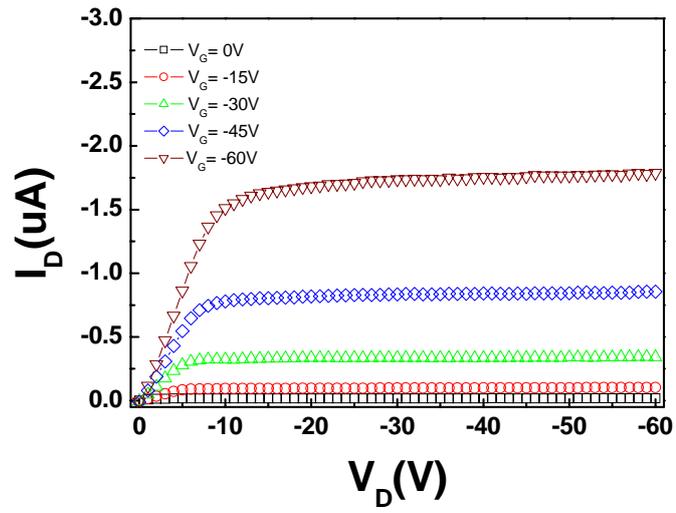
表 4.2 整理不同 MoO<sub>2</sub> 厚度修飾電極 Al 的元件特性。

| MoO <sub>2</sub> (Å) | mobility (cm <sup>2</sup> /Vs) | on/off ratio              | s.s. (V/decade) | contact resistance(Ω-cm)  |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
| 0                    | 4.3×10 <sup>-4</sup>           | 4.7×10 <sup>2</sup>       | 28.5            | 5.5×10 <sup>7</sup>       |
| 100                  | 1.6×10 <sup>-2</sup>           | 9.0×10 <sup>3</sup>       | 6.8             | 6.0×10 <sup>5</sup>       |
| 200                  | 8.4×10 <sup>-2</sup>           | 3.8×10 <sup>4</sup>       | 7.3             | 3.7×10 <sup>5</sup>       |
| 300                  | 1.0×10 <sup>-2</sup>           | 1.2×10 <sup>4</sup>       | 9.2             | 2.1×10 <sup>5</sup>       |
| <b>400</b>           | <b>1.3×10<sup>-1</sup></b>     | <b>1.7×10<sup>4</sup></b> | <b>9.3</b>      | <b>4.1×10<sup>4</sup></b> |

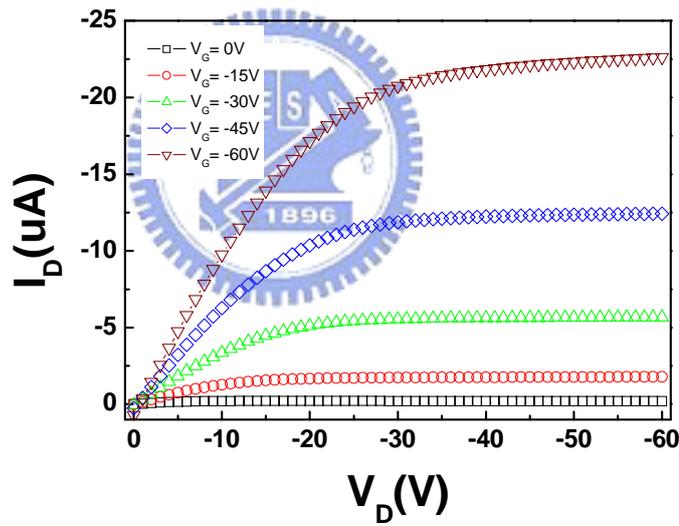
圖 4.8 為比較 I<sub>D</sub>-V<sub>G</sub> 圖，可以明顯發現 on/off ratio 亦有顯著提升。而由表 4.2 實驗結果可以發現當 Al 加入一層 MoO<sub>2</sub> 後，在 mobility 和 on/off ratio 等方面元件特性有顯著的提升，mobility 從 4.3×10<sup>-4</sup>(cm<sup>2</sup>/Vs) 上升至 1.3×10<sup>-1</sup>(cm<sup>2</sup>/Vs) 上升了約 300 倍且 on/off ratio 上升了約兩個數量級，由圖 4.9 可看到接面電阻在加入 MoO<sub>2</sub> 修飾後會大幅下降三個數量級，所以加入 MoO<sub>2</sub> 後確實可以降低接面電阻，因而提升元件特性，由結果可看出目前 MoO<sub>2</sub> 修飾電極 Al 在厚度 400 Å 下最好；

### 4.3 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+ ITO :

接著我們嘗試利用氧化金屬來修飾 ITO 看是否有相同的效果，使用 ITO 做為我們的閘極、源極和汲極，V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 為修飾電極，圖 4.10 為比較純 ITO 和經由 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (200 Å) 修飾後的 I<sub>D</sub>-V<sub>D</sub> 圖，可發現電流從 2μA 上升至 20μA 提高了約 10 倍，而氧化金屬修飾 ITO 的效果沒有比修飾 Al 明顯，可能是因為 ITO 的功函數比起 Al 來更接近 pentacene 的 HOMO，所以修飾後增加的效果並沒有那麼顯著。

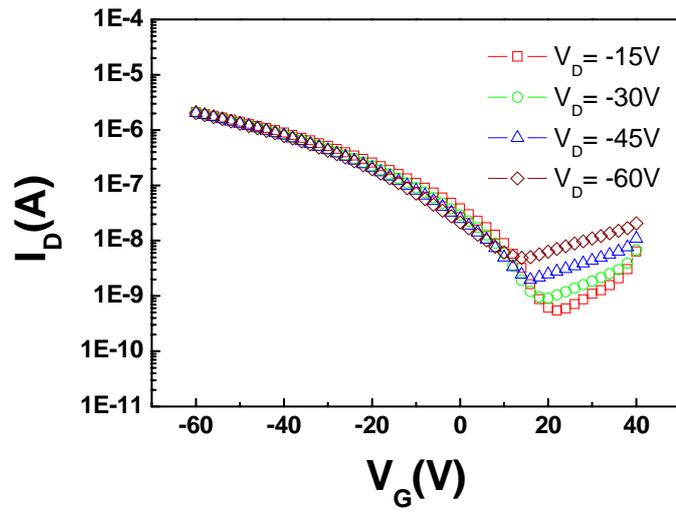


(a)

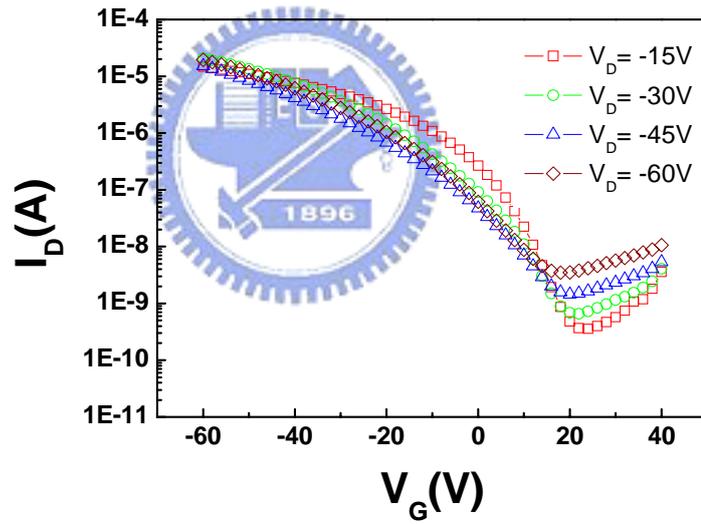


(b)

圖 4.10 比較純 ITO (a) 和經由  $\text{V}_2\text{O}_5$  (200  $\text{\AA}$ ) (b) 修飾後的  $I_D$ - $V_D$  圖。

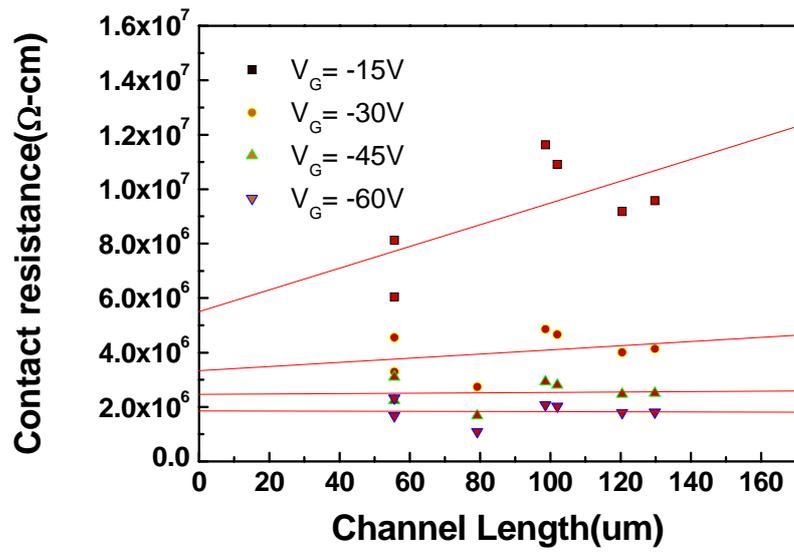


(a)

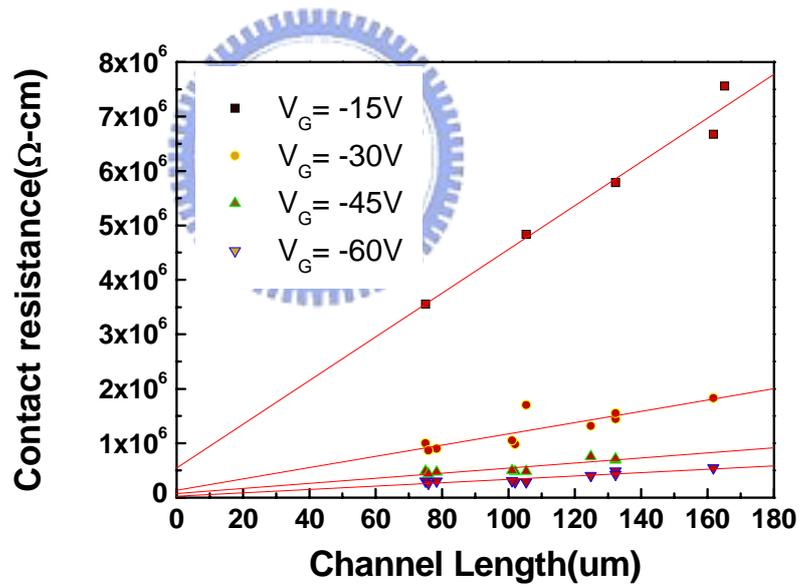


(b)

圖 4.11 比較純 ITO (a) 和經由  $V_2O_5$  (200 Å) (b) 修飾後的  $I_D$ - $V_G$  圖。



(a)



(b)

圖 4.12 利用 transfer line method 得到 contact resistant 圖

(a) 純 ITO (b)  $\text{V}_2\text{O}_5$  (200 Å) + ITO。

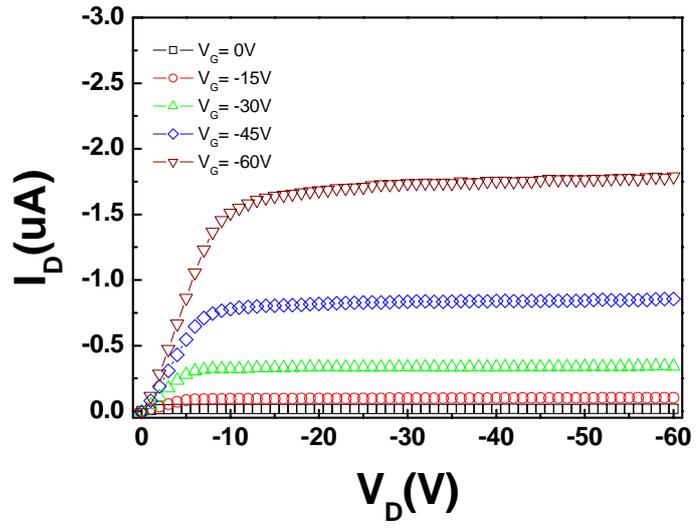
表 4.3 整理不同 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 厚度修飾電極 ITO 的元件特性。

| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Å) | mobility (cm <sup>2</sup> /Vs) | on/off ratio              | s.s. (V/decade) | contact resistance(Ω-cm)  |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
| 0                                 | 1.5×10 <sup>-2</sup>           | 1.8×10 <sup>3</sup>       | 17.6            | 2.0×10 <sup>6</sup>       |
| 100                               | 8.6×10 <sup>-2</sup>           | 2.5×10 <sup>4</sup>       | 10.0            | 7.8×10 <sup>4</sup>       |
| <b>200</b>                        | <b>9.2×10<sup>-2</sup></b>     | <b>4.8×10<sup>4</sup></b> | <b>11.2</b>     | <b>7.6×10<sup>4</sup></b> |
| 300                               | 8.7×10 <sup>-2</sup>           | 1.0×10 <sup>5</sup>       | 8.5             | 7.7×10 <sup>4</sup>       |
| 400                               | 6.5×10 <sup>-2</sup>           | 2.8×10 <sup>5</sup>       | 7.7             | 9.4×10 <sup>4</sup>       |

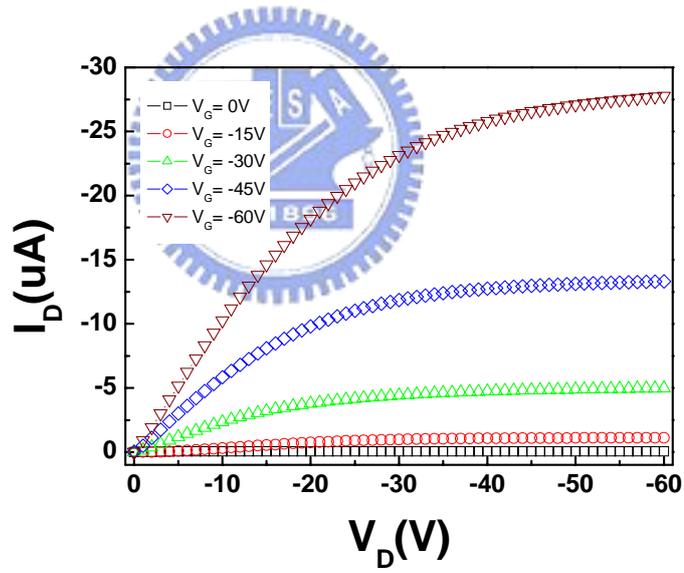
圖 4.11 為比較 ID-VG 圖，可以明顯發現 on 電流提升了一個數量級。由表 4.3 實驗結果可以發現當 ITO 加入一層 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 後，在 mobility 和 on/off ratio 等方面和修飾電極 Al 一樣有提升的效果，mobility 從 1.5×10<sup>-2</sup> (cm<sup>2</sup>/Vs) 上升至 9.2×10<sup>-2</sup> (cm<sup>2</sup>/Vs) 上升了約 7 倍且 on/off ratio 上升了約一個數量級，由圖 4.12 可看出界面電阻在加入 MoO<sub>2</sub> 修飾後會下降一個數量級，所以加入 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 後確實可以降低界面電阻，因而提升元件特性，由結果可看出目前 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 修飾電極 ITO 在厚度 200 Å 下最好。由此結果可以證實用 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 來修飾 ITO，亦可以提升元件特性，

#### 4.4 MoO<sub>2</sub>+ITO :

接著我們利用 MoO<sub>2</sub> 來修飾電極 ITO，其中 ITO 做為我們的閘極、源極和汲極、MoO<sub>2</sub> 為修飾電極，圖 4.13 為比較純 ITO 和經由 MoO<sub>2</sub> (100 Å) 修飾後的 I<sub>D</sub>-V<sub>D</sub> 圖，可發現電流可提高了約 10 倍。

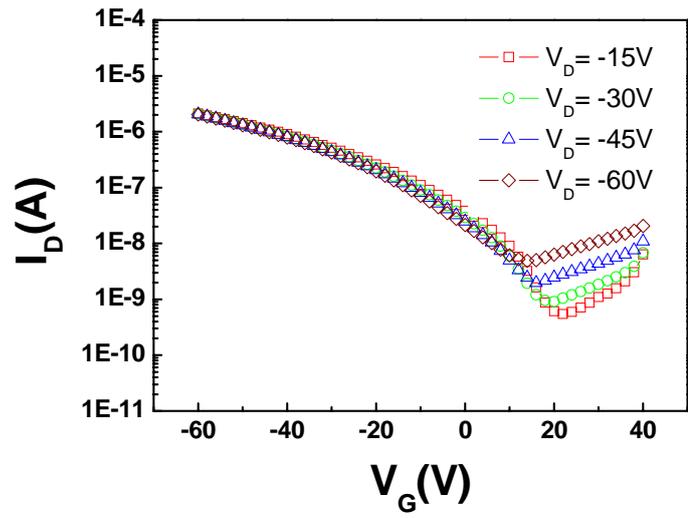


(a)

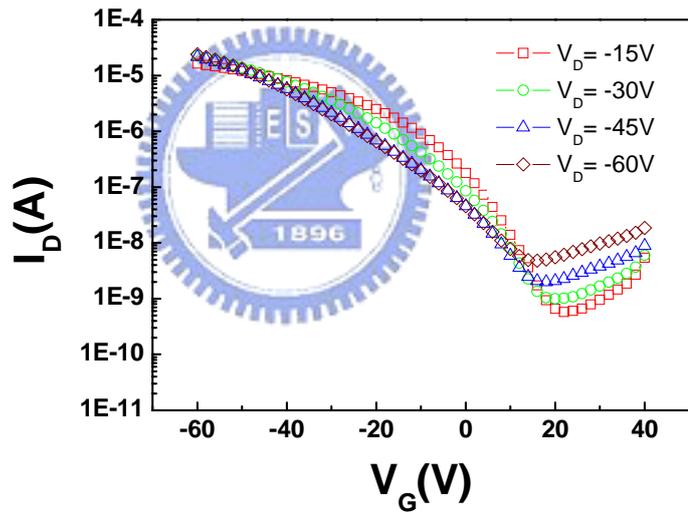


(b)

圖 4.13 比較純 ITO (a) 和經由  $\text{MoO}_2$  ( $100 \text{ \AA}$ ) (b) 修飾後的  $I_D$ - $V_D$  圖。

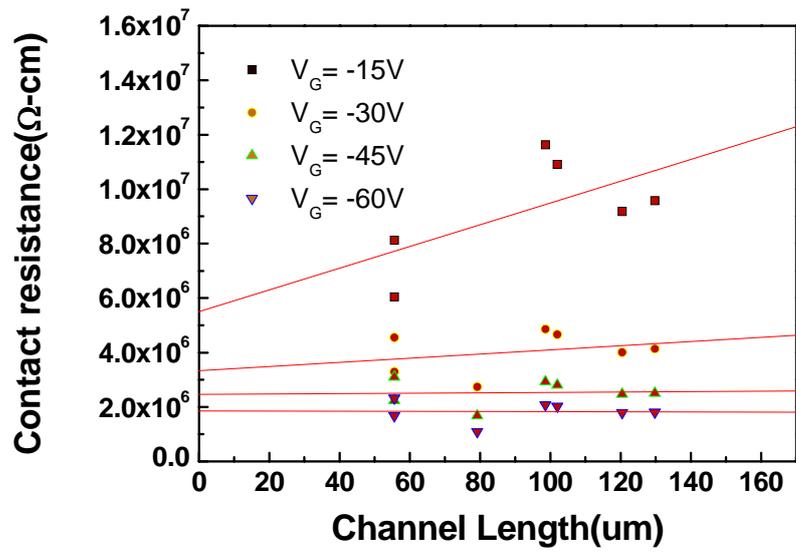


(a)

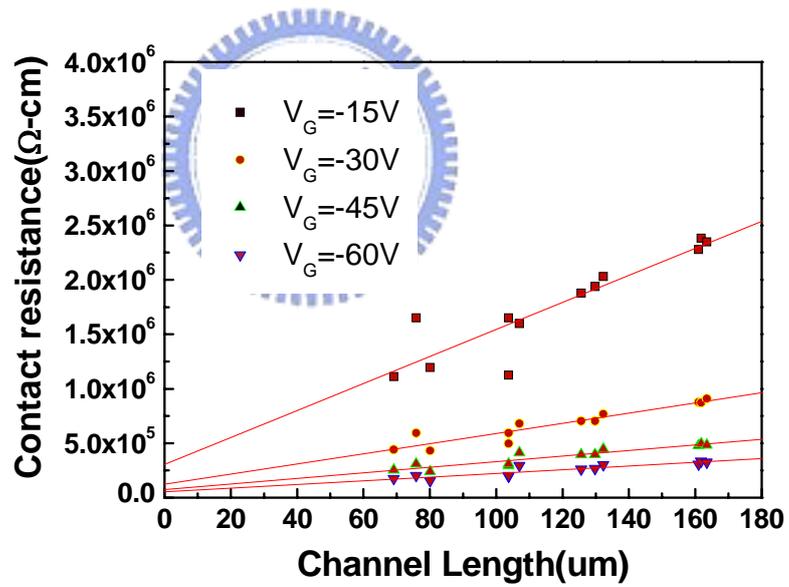


(b)

圖 4.14 比較純 ITO (a) 和經由  $\text{MoO}_2$  (100 Å) (b) 修飾後的  $I_D$ - $V_G$  圖。



(a)



(b)

圖 4.15 利用 transfer line method 得到 contact resistant

圖 (a) 純 ITO (b)  $\text{MoO}_2$  (100 Å) + ITO。

表 4.4 整理不同 MoO<sub>2</sub> 厚度修飾電極 ITO 的元件特性。

| MoO <sub>2</sub> (Å) | mobility (cm <sup>2</sup> /Vs) | on/off ratio              | s.s.(V/decade) | contact resistance(Ω-cm)  |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| 0                    | 1.5×10 <sup>-2</sup>           | 1.8×10 <sup>3</sup>       | 17.6           | 2.0×10 <sup>6</sup>       |
| <b>100</b>           | <b>1.2×10<sup>-1</sup></b>     | <b>2.6×10<sup>4</sup></b> | <b>9.5</b>     | <b>7.4×10<sup>4</sup></b> |
| 200                  | 9.1×10 <sup>-2</sup>           | 8.9×10 <sup>4</sup>       | 7.1            | 1.2×10 <sup>5</sup>       |
| 300                  | 1.0×10 <sup>-1</sup>           | 3.0×10 <sup>4</sup>       | 8.2            | 9.3×10 <sup>4</sup>       |
| 400                  | 8.9×10 <sup>-2</sup>           | 3.1×10 <sup>4</sup>       | 8.7            | 1.7×10 <sup>5</sup>       |

圖 4.14 為比較 I<sub>D</sub>-V<sub>G</sub> 圖，可以發現 on 電流亦有提升。由表 4.4 實驗結果可以發現當 ITO 加入一層 MoO<sub>2</sub> 後，在 mobility 和 on/off ratio 等方面元件特性有顯著的提升，mobility 從 1.5×10<sup>-2</sup> (cm<sup>2</sup>/Vs) 上升至 1.2×10<sup>-1</sup> (cm<sup>2</sup>/Vs) 上升了約 10 倍且 on/off ratio 上升了約一個數量級，由圖 4.15 可看出接面電阻在加入 MoO<sub>2</sub> 修飾後會下降一個數量級，所以加入 MoO<sub>2</sub> 後確實可以降低接面電阻，因而提升元件特性，由結果可看出目前 MoO<sub>2</sub> 修飾電極 ITO 在厚度 100 Å 下最好。

如果我們要應用於增加 LCD 面板開口率的話的話，勢必會受到背光模組的光源照射，所以我們試著在白光 (95.8 lux) 照射下量測元件，看元件特性在照光下有什麼變化，其特性變化如圖 4.16 和 4.17。

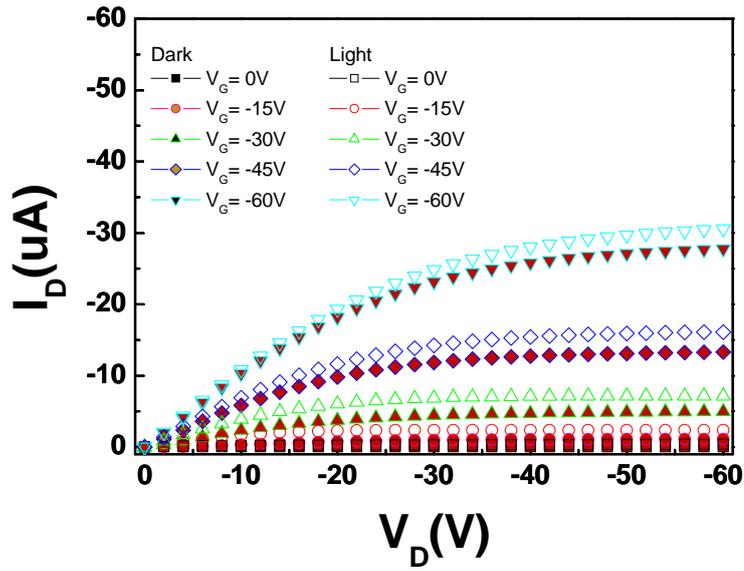


圖 4.16 MoO<sub>2</sub>+ITO 照光和不照光的 I<sub>D</sub>-V<sub>D</sub> 變化。

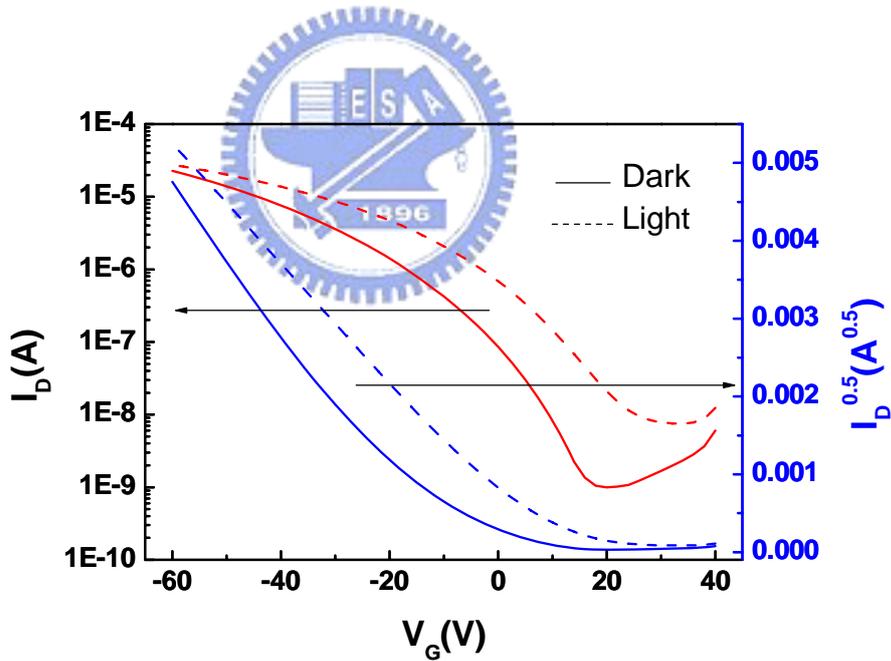


圖 4.17 MoO<sub>2</sub>+ITO 照光和不照光的 I<sub>D</sub>-V<sub>G</sub> 變化。

由圖 4.16 和 4.17 可發現照光後漏電流會增加，這可能是因為當元件照光時會產生電子電洞對，而額外的電子電洞則貢獻於漏電流；在輸出電流方面，亦可發現照光後輸出電流也增加了，這可能是因為照光產生電子電洞

對，當電洞為主要載子時，部份的電洞會被 pentacene 晶粒邊界中的缺陷抓住如圖 4.18，因此降低了位能障高度，減少所需的活化能，因此提高的輸出電流[53]。而電子會被 pentacene 和 PVP 絕緣層的介面缺陷抓住，因此我們不需要在閘極加那麼多的負電壓，就可以累積相同的電洞，所以會造成  $V_T$  減少，因而從圖 4.17  $I_D-V_G$  可看到照光後曲線會向右偏移。由表 4.5 可發現，照光下元件的 mobility 和 on/off ratio 會下降，也就是元件特性會變的比較差，因此要如何減少照光後對元件特性的影響，則還需要繼續研究。

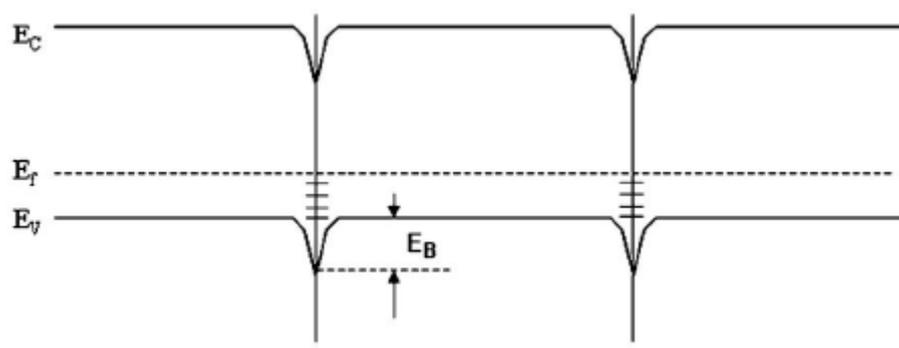


圖 4.18 pentacene 能障圖，價帶邊緣為晶粒邊界， $E_B$  為電洞傳輸所需克服的活化能 (activation energy)。[53]

表 4.5 比較照光與不照光下不同  $\text{MoO}_2$  厚度修飾電極 ITO 的元件特性變化。

| $\text{MoO}_2$ (Å) (Dark) | Mobility<br>( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ ) | on/off ratio      | $V_T$ (V) | s.s.<br>(V/decade) | contact resistance<br>( $\Omega\text{-cm}$ ) |
|---------------------------|---|-------------------|-----------|--------------------|--|
| 0                         | $1.5 \times 10^{-2}$                    | $1.8 \times 10^3$ | -13.4     | 17.6               | $2.0 \times 10^6$                            |
| 100                       | $1.2 \times 10^{-1}$                    | $2.6 \times 10^4$ | -2.2      | 9.5                | $7.4 \times 10^4$                            |
| 200                       | $9.1 \times 10^{-2}$                    | $8.9 \times 10^4$ | 2.1       | 7.1                | $1.2 \times 10^5$                            |
| 300                       | $1.0 \times 10^{-1}$                    | $3.0 \times 10^4$ | -2.2      | 8.2                | $9.3 \times 10^4$                            |
| 400                       | $8.9 \times 10^{-2}$                    | $3.1 \times 10^4$ | 7.5       | 8.7                | $1.7 \times 10^5$                            |

| MoO <sub>2</sub> (Å) (Light) | mobility<br>(cm <sup>2</sup> /Vs) | on/off ratio        | V <sub>T</sub> (V) | s.s.<br>(V/decade) | contact resistance<br>(Ω-cm) |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|
| 0                            | 1.4×10 <sup>-2</sup>              | 6.8×10 <sup>2</sup> | 0.5                | 15.4               | 1.1×10 <sup>6</sup>          |
| 100                          | 8.3×10 <sup>-2</sup>              | 7.3×10 <sup>3</sup> | 14.6               | 10.4               | 1.1×10 <sup>5</sup>          |
| 200                          | 8.0×10 <sup>-2</sup>              | 1.8×10 <sup>4</sup> | 15                 | 10                 | 1.5×10 <sup>5</sup>          |
| 300                          | 7.4×10 <sup>-2</sup>              | 6.8×10 <sup>3</sup> | 16.5               | 11.3               | 1.2×10 <sup>5</sup>          |
| 400                          | 7.0×10 <sup>-2</sup>              | 8.3×10 <sup>3</sup> | 27.5               | 10.7               | 2.8×10 <sup>5</sup>          |

由表 4.5 的數據表來看，由於照光後漏電流會增加，且漏電流增加的幅度會比輸出電流增加的幅度大，因此照光後元件的 on/off ratio 會下降，而且在 V<sub>T</sub> 方面，照光後 V<sub>T</sub> 都向正的方向偏移，只是照光後元件的載子遷移率也下降了，而且接面電阻也上升了，這可能的原因則還要作更深入的研究。

#### 4.5 元件穿透度：

當我們使用 ITO 電極，將有機會做高光穿透度元件，因此我們需要知道元件各層薄膜吸收度，圖 4.19 為 ITO 玻璃和 ITO 電極的吸收光譜，由吸收圖可發現，在可見光範圍 400nm-700nm 其吸收約在 0.15 以下，而 ITO 電極的吸收比 ITO 玻璃高，這可能是因為我們的 ITO 電極是利用濺鍍方式沈積的，因為我們的元件是上電極 (top contact)，所以我們不能在鍍完 ITO 後再做回火 (annealing)，所以成膜的品質比較差，可能因此增加吸收度，且其電阻值也比 ITO 玻璃高約 9 倍。圖 4.20 為絕緣層 PVP 的吸收圖，在可見光範圍其吸收度在 0.02 以下，可以說是近乎透明，一般來說有機絕緣層的能隙都很大，因此在可見光範圍下大多都是透明的。圖 4.21 為不同厚度 MoO<sub>2</sub> 吸收光譜，可以發現隨著 MoO<sub>2</sub> 厚度增加其吸收越大，而在可見光範圍下其吸收度在 0.05 以下，只有在接近藍光波段有較高的吸收，因此可以說幾乎不吸收；而圖 4.22 為 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 吸收光譜，吸收度也是隨厚度增加而上升，同樣的在可見光範圍其吸收度在 0.1 以下，只有在接近藍光波段有較高的吸收，

可以說在白光下吸收不多；接著看圖 4.23 為 pentacene (600 Å) 的吸收光譜，在波長 400nm-700nm 下其吸收度在 0.3 以下，算是吸收度蠻多的。由圖 4.24 更可以明顯的看出在波長 400nm-700nm，元件在有 pentacene 層平均穿透度為 61.5%，而沒有 pentacene 層其平均穿透度則提高至 73.6%，因此 pentacene 是決定元件穿透度的關鍵。

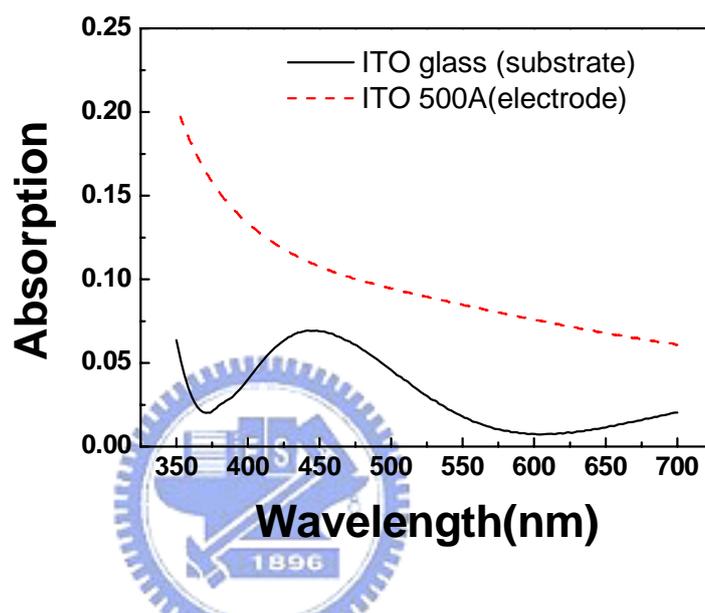


圖 4.19 ITO 玻璃和 ITO 電極的吸收光譜。

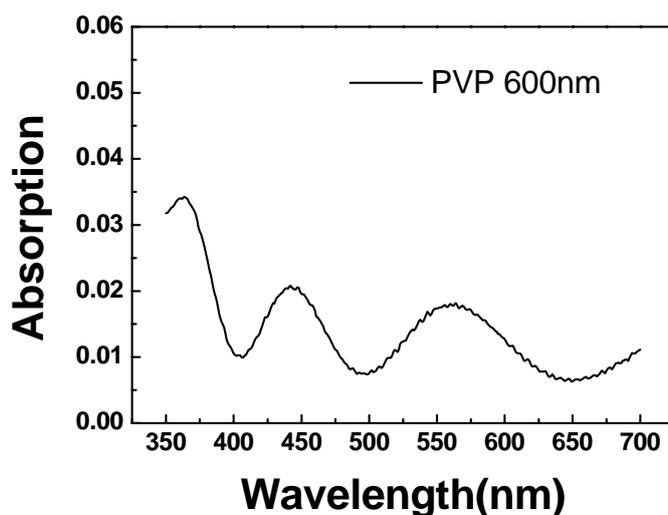


圖 4.20 絕緣層 PVP 的吸收光譜。

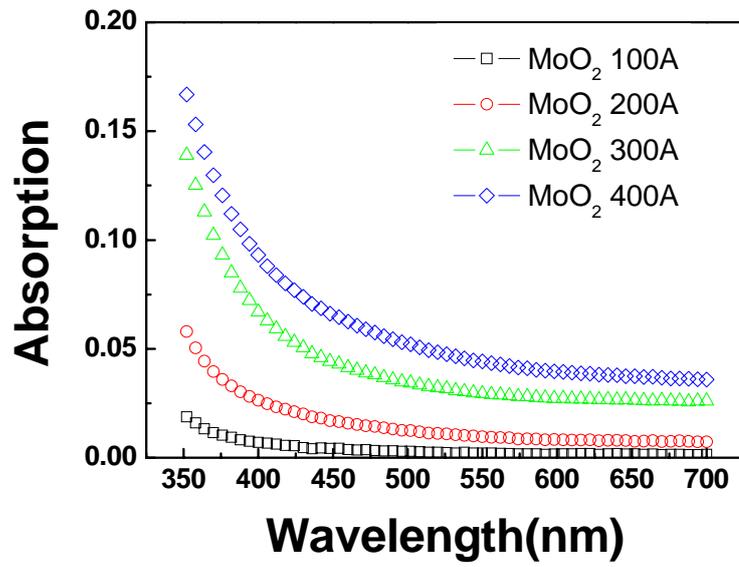


圖 4.21 不同厚度 MoO<sub>2</sub> 的吸收光譜。

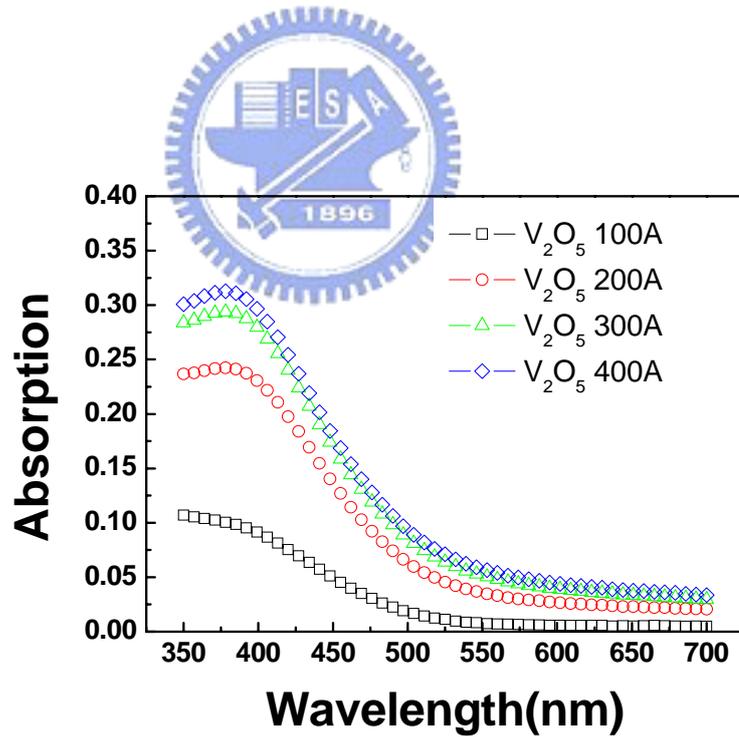


圖 4.22 不同厚度 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的吸收光譜。

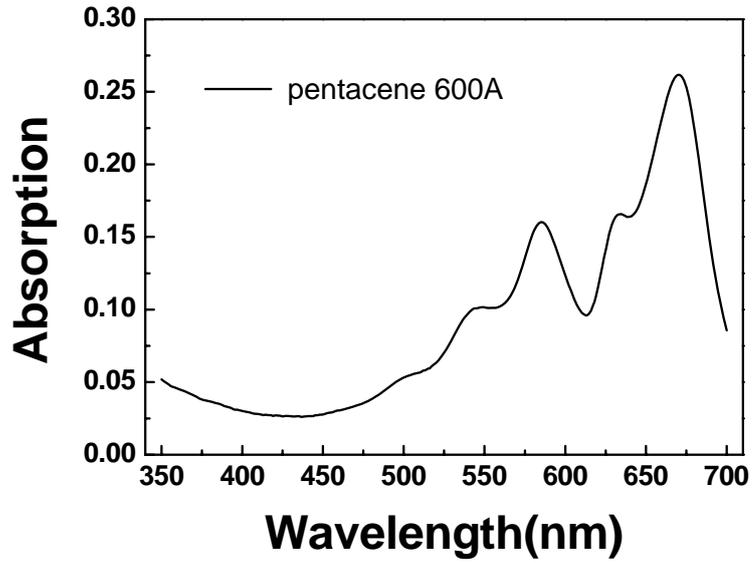
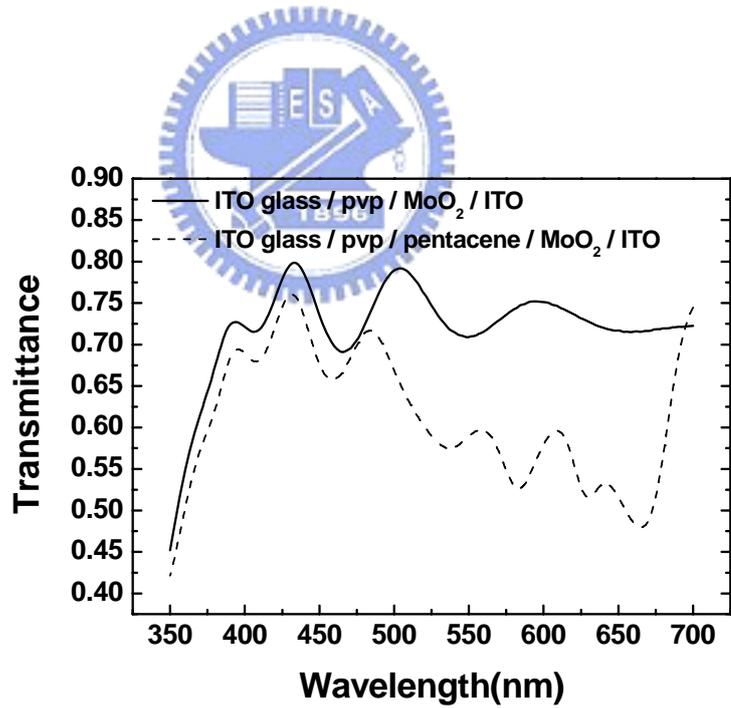


圖 4.23 pentacene 600 Å 時的吸收光譜。



—— Average transparent ( from 400nm to 700nm)=73.6%

----- Average transparent ( from 400nm to 700nm)=61.5%

圖 4.24 比較元件有無 pentacene 時的穿透度。

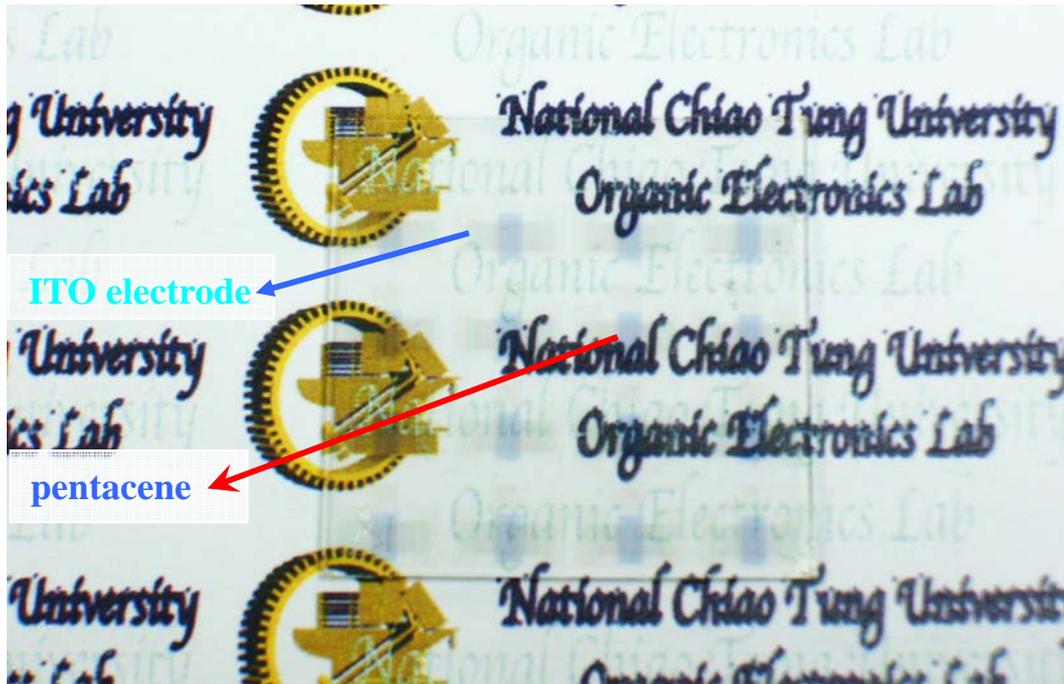


圖 4.25 元件實體照 (pentacene 600 Å)。

圖 4.25 為元件實體照，由照片中可看出藍色的 pentacene 部份穿透度最低，因此若要增加元件穿透度則必須將 pentacene 厚度減少。

#### 4.6 不同 pentacene 厚度：

當電極為 ITO 時即可製作高穿透率的電晶體，如應用於驅動 LCD 面板上，則可提高開口率，因為我們元件的絕緣層 PVP 和修飾金屬層是透明的，而主動層 pentacene 為藍紫色的透明層，由吸收光譜可以發現元件的吸收大部分為 pentacene 所貢獻，因此如果要提高元件透明度則減少 pentacene 厚度是可行的方法，不過不同 pentacene 厚度可能會對元件特性造成影響，因此如能找到一個理想的 pentacene 厚度，則透明度可提升，元件特性也不會相差太多。由前面數據可以發現 MoO<sub>2</sub> 修飾 ITO 比起 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 好，而且 MoO<sub>2</sub> 的吸收也比 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 少，因此我們選擇最好條件 MoO<sub>2</sub> (100 Å) 修飾 ITO 來做不同 pentacene 厚度實驗。

圖 4.26 為不同 pentacene 厚度的吸收光譜，可以看到隨著厚度的減少，吸收隨之下降，而圖 4.27 為我們以 pentacene 厚度 200 Å 下的元件吸收光譜，其平均元件穿透度比起 pentacene 600 Å 時的 61.5% 提升至 72.2%，而圖 4.28

為 pentacene 200 Å 下的元件實體圖，比較圖 4.25 與圖 4.29，可以看到 pentacene 的部份已經變的比較淡，也意味著穿透度的上升。

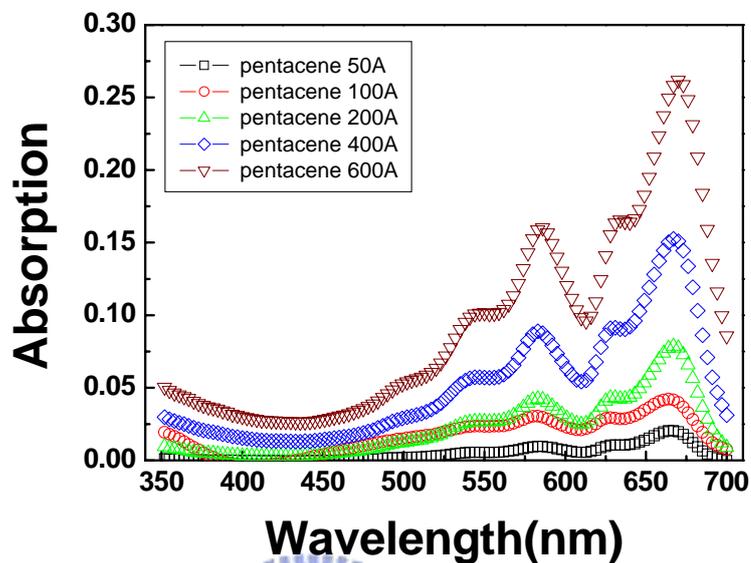
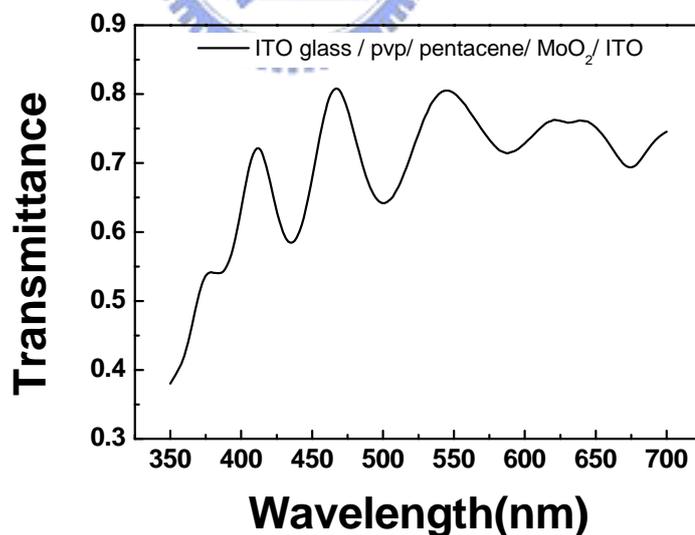


圖 4.26 不同 pentacene 厚度下的吸收光譜。



—— Average transparent ( from 400nm to 700nm)=72.2%

圖 4.27 pentacene 厚度 200 Å 下的元件吸收光譜。



圖 4.28 元件實體照 (pentacene 200 Å)。

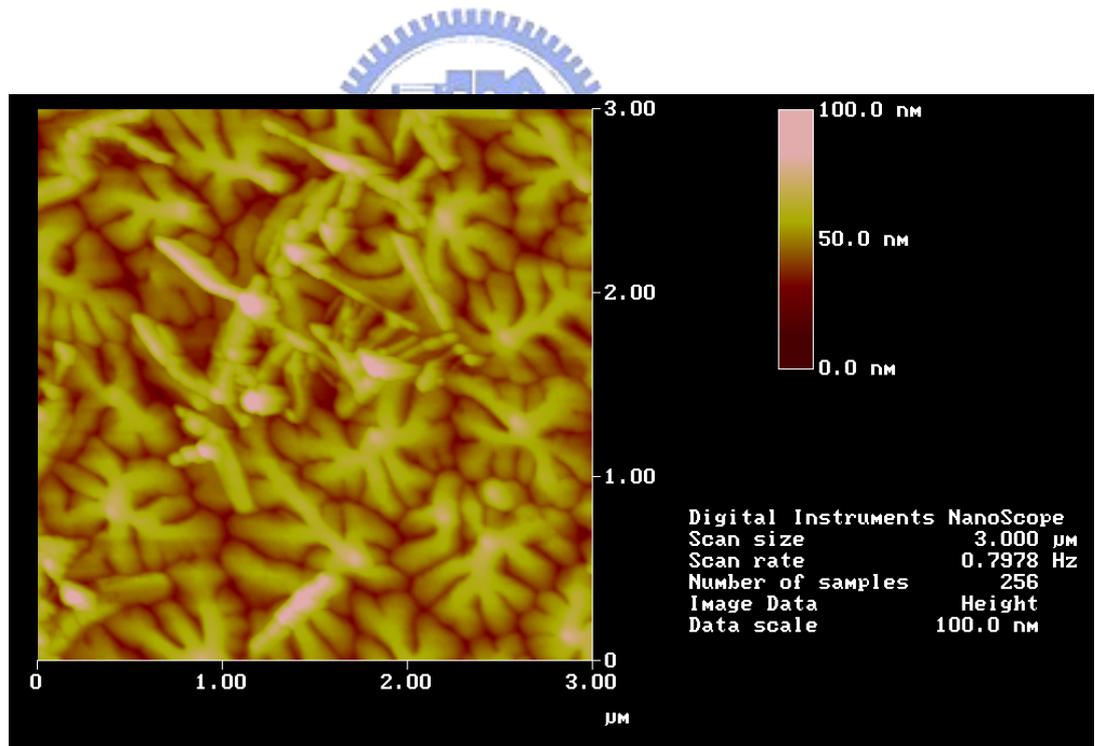


圖 4.29 pentacene 600 Å 時的表面形貌圖。

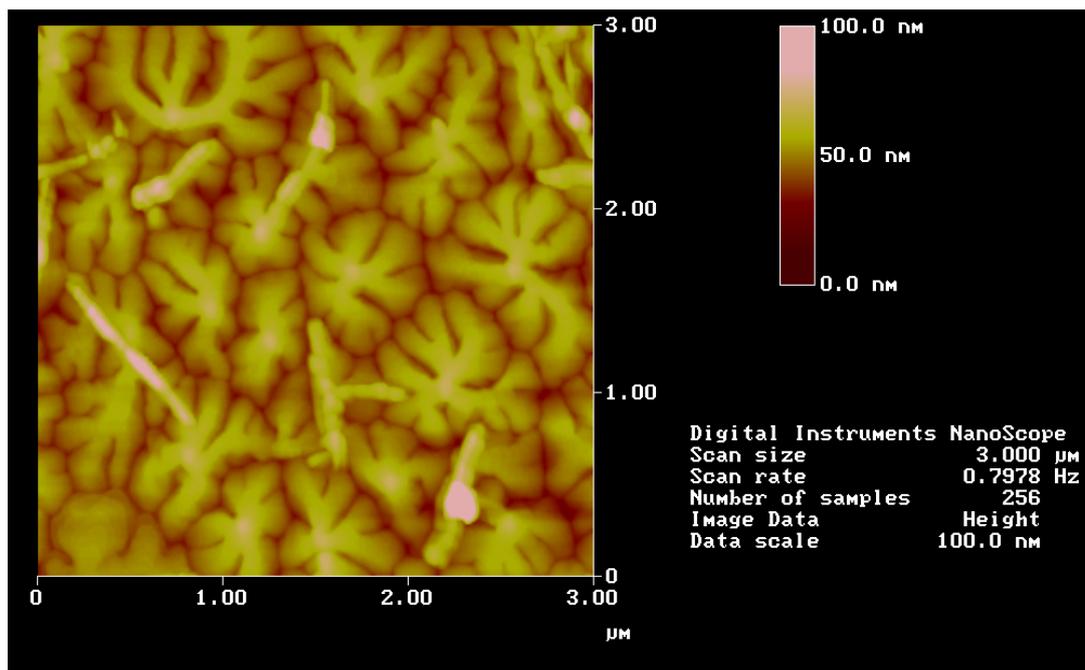


圖 4.30 pentacene 400 Å 時的表面形貌圖。

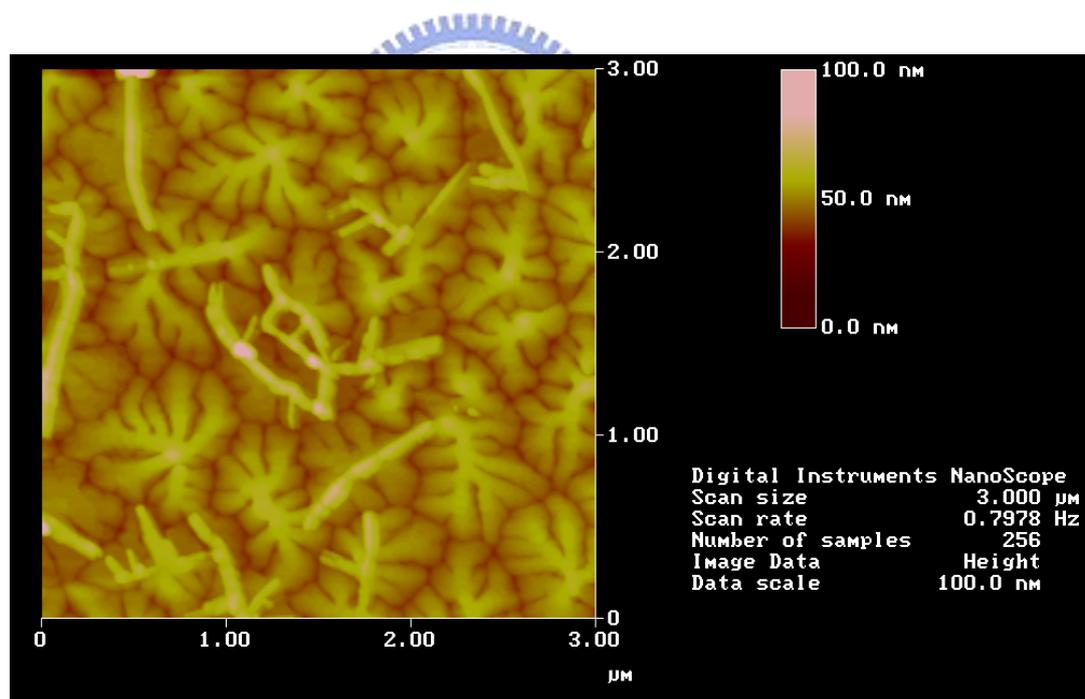


圖 4.31 pentacene 200 Å 時的表面形貌圖。

表 4.6 比較照光與不照光下不同 pentacene 厚度的元件特性變化。

| Dark  | pentacene(Å) | mobility(cm <sup>2</sup> /Vs) | on/off ratio        | Vt(V) | s.s. (V/decade) |
|-------|--------------|-------------------------------|---------------------|-------|-----------------|
|       | 600          | 1.2×10 <sup>-1</sup>          | 3.3×10 <sup>4</sup> | 5.0   | 8.5             |
|       | 400          | 1.1×10 <sup>-1</sup>          | 1.3×10 <sup>4</sup> | -3.6  | 7.8             |
|       | 200          | 1.0×10 <sup>-1</sup>          | 1.7×10 <sup>4</sup> | -0.8  | 8               |
| Light | pentacene(Å) | mobility(cm <sup>2</sup> /Vs) | on/off ratio        | Vt(V) | s.s. (V/decade) |
|       | 600          | 8.0×10 <sup>-2</sup>          | 8.7×10 <sup>3</sup> | 19.7  | 10.0            |
|       | 400          | 1.1×10 <sup>-1</sup>          | 7.0×10 <sup>3</sup> | 6.2   | 8.3             |
|       | 200          | 7.8×10 <sup>-2</sup>          | 1.1×10 <sup>4</sup> | 11.1  | 9.7             |

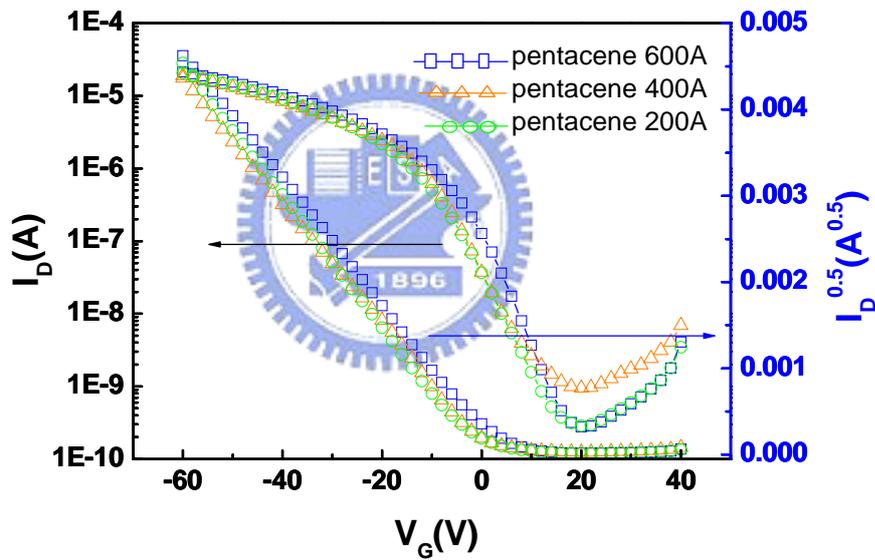


圖 4.32 不同 pentacene 厚度的 I<sub>D</sub>-V<sub>G</sub> 圖。

由表 4.6 實驗結果看目前將 pentacene 厚度降到 200 Å，其元件特性只有稍微下降而已，而且由圖 4.29 至圖 4.31 的 pentacene 在不同厚度下的表面形貌圖來看，pentacene 的晶粒大小是差不多的，所以其特性並沒有顯著的不同的，如圖 4.32 的 I<sub>D</sub>-V<sub>G</sub> 圖，可看到曲線是差不多的，不過其元件穿透度則從 61.5% 提升到 72.2%。