

**題目**：傳統四點探針與可撓式四電極的片電阻量測技術開發

**班級/學生**：材四乙/吳明睿

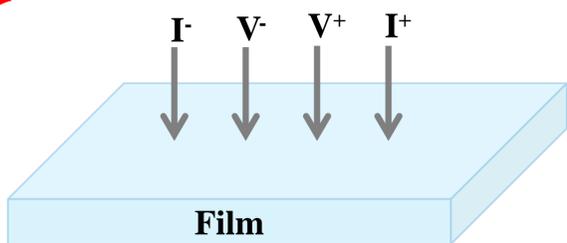
**指導教授**：盧榮宏 老師

簡介

1. 傳統四點探針的片電阻量測導致**軟性基板變形**或**刺穿基板**，造成電流無法均勻流過，則無法準確量測片電阻。利用可撓式四電極量測技術可以準確量測軟性基板片電阻。

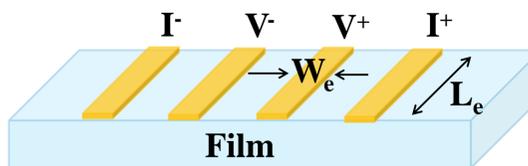
$P = \frac{F}{A}$ ，假設施一樣的力，可撓式四電極接觸面積為傳統四點探針的2萬倍，則**壓力下降2萬倍**。

2. 樣品寬度對片電阻量測技術的影響。



圖一、四點探針量測

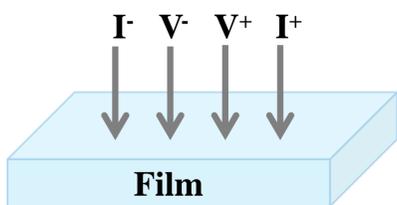
$A = \pi * R^2$   
 A: 探針尖端面積  
 R: 探針尖端半徑  
 R = 25 (μm)  
 A = 1.96 \* 10<sup>-9</sup> (m<sup>2</sup>)



圖二、四電極量測

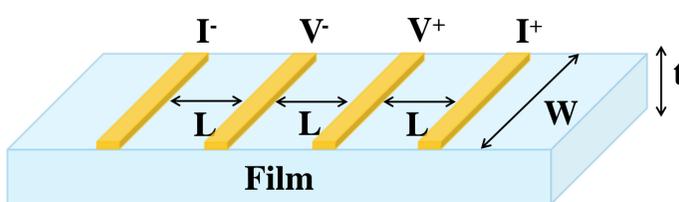
$A = W_e * L_e$   
 A: 電極面積  
 W<sub>e</sub>: 電極寬度  
 L<sub>e</sub>: 電極長度  
 A = 1.5 \* 25 (mm<sup>2</sup>)  
 = 3.75 \* 10<sup>-5</sup> (m<sup>2</sup>)

### 一、傳統四點探針與可撓式四電極學理



圖三、四點探針量測

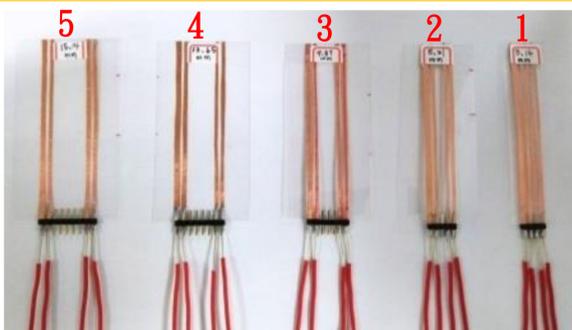
$R_s = R * 4.53$   
 $\rho = R_s * t$   
 R<sub>s</sub>: 薄膜電阻  
 R: 電阻  
 ρ: 電阻率  
 t: 薄膜厚度



圖四、四電極量測

$R = \rho * \frac{L}{Wt}$   
 $\rho = R * \frac{W}{L} * t$   
 $R_s = R * \frac{W}{L}$   
 R: 電阻  
 ρ: 電阻率  
 L: 電極間距  
 W: 薄膜寬度  
 t: 薄膜厚度  
 R<sub>s</sub>: 薄膜電阻

### 二、傳統四點探針與可撓式四電極量測



圖五、不同電極間距的可撓式四電極

表一、可撓式四電極規格

| 四電極 | 電極間距(mm) |
|-----|----------|
| 1   | 3.14     |
| 2   | 5.21     |
| 3   | 9.87     |
| 4   | 13.65    |
| 5   | 15.14    |

表二、不同間距的四電極在ITO玻璃基板上的片電阻量測

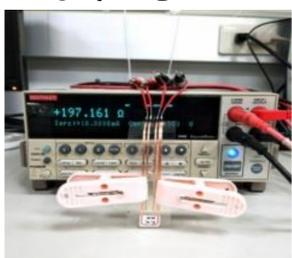
| L (mm) | W (mm) | R (Ω) | R <sub>s</sub> (Ω/□) | t (nm) | ρ (Ω · cm)             |
|--------|--------|-------|----------------------|--------|------------------------|
| 3.14   | 25.4   | 7.3   | 59.1                 | 80     | 4.7 * 10 <sup>-4</sup> |
| 5.21   | 25.4   | 15.8  | 77.0                 | 80     | 6.1 * 10 <sup>-4</sup> |
| 9.87   | 25.4   | 28.7  | 73.9                 | 80     | 5.9 * 10 <sup>-4</sup> |
| 13.65  | 25.4   | 37.0  | 68.8                 | 80     | 5.5 * 10 <sup>-4</sup> |
| 15.14  | 25.4   | 45.2  | 75.8                 | 80     | 6.0 * 10 <sup>-4</sup> |

四點探針R<sub>s</sub> = 79.76 (Ω/□)與不同四電極間距的R<sub>s</sub>做比對，電極寬度為5.21 (mm)量測出的片電阻77.0 (Ω/□)，誤差在**3.5 (%)**，效果最佳。

研究成果

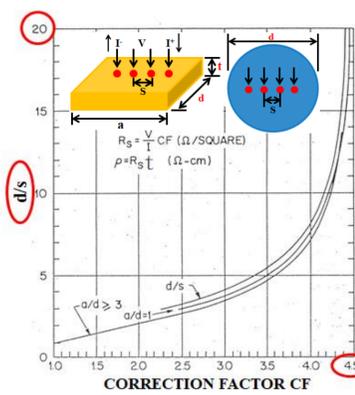


圖六、傳統四點探針



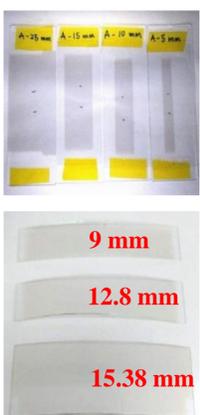
圖七、可撓式四電極

### 三、樣品寬度對片電阻量測的影響



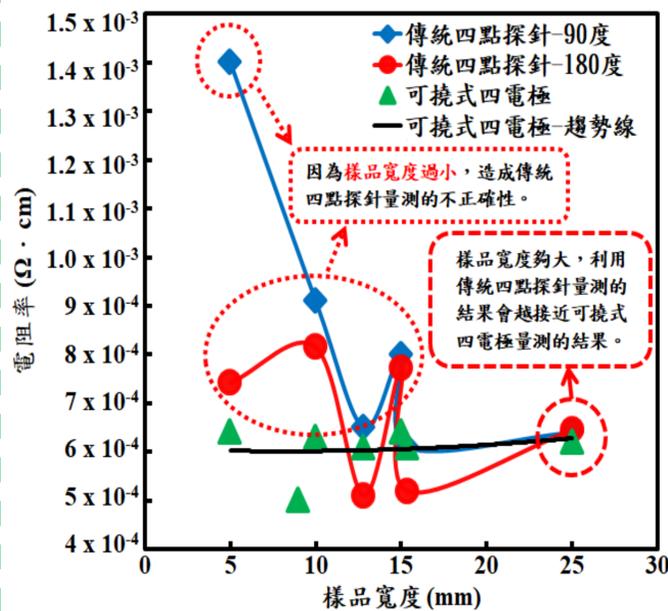
來源: Physics of Semiconductor Devices (第二版) - Page 31 - Fig. 20

圖八、樣品寬度對片電阻量測的影響

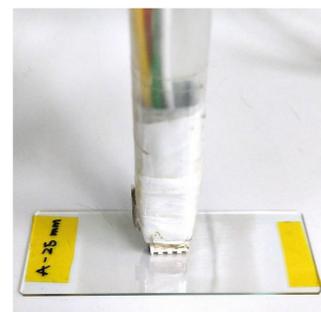


薄膜寬度必須大於探針間距的**20倍以上**，四點探針才能準確量測片電阻。

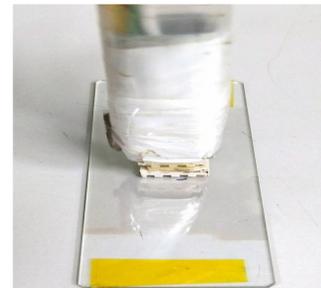
### 四、不同樣品寬度的片電阻量測技術



圖九、傳統四點探針與可撓式四電極對不同寬度的樣品做片電阻量測



圖十、探針與樣品寬度呈90°



圖十一、探針與樣品寬度呈180°

結論

1. 傳統四點探針無法準確量測軟性基板的片電阻。利用可撓式四電極量測技術， $P = \frac{F}{A}$ ，假設施相同力，面積為傳統四點探針的**2萬倍**，則壓力為**2萬分之一倍**。因此，不會造成基板變形並且可以準確量測片電阻。  
 2. 傳統四點探針量測技術，樣品寬度必須為四點探針間距的**20倍以上**。**過小樣品可以利用可撓式四電極量測技術準確量測片電阻。**