

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

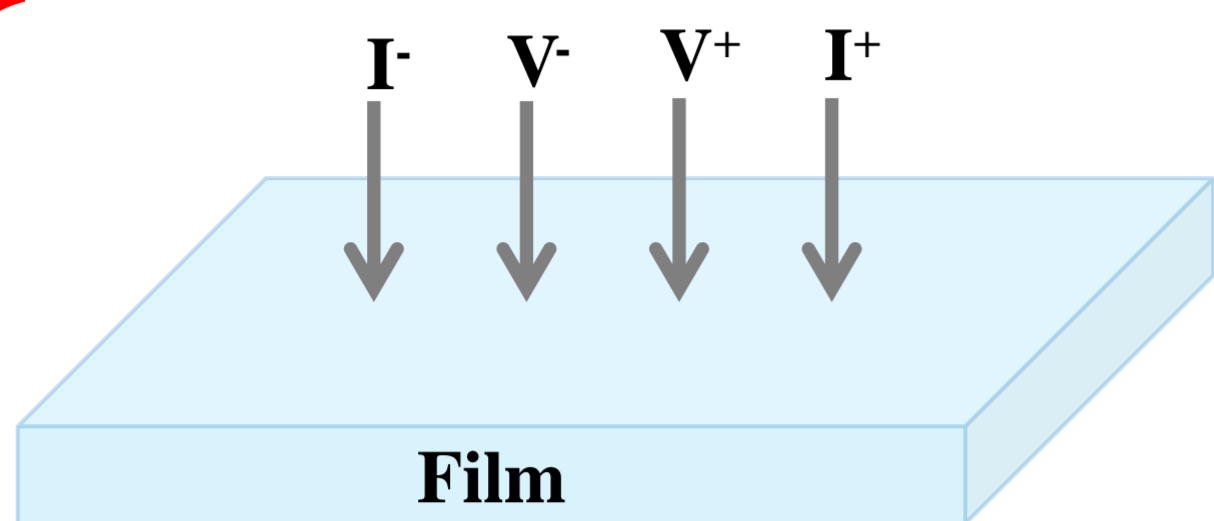
指導教授：盧榮宏 老師

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。

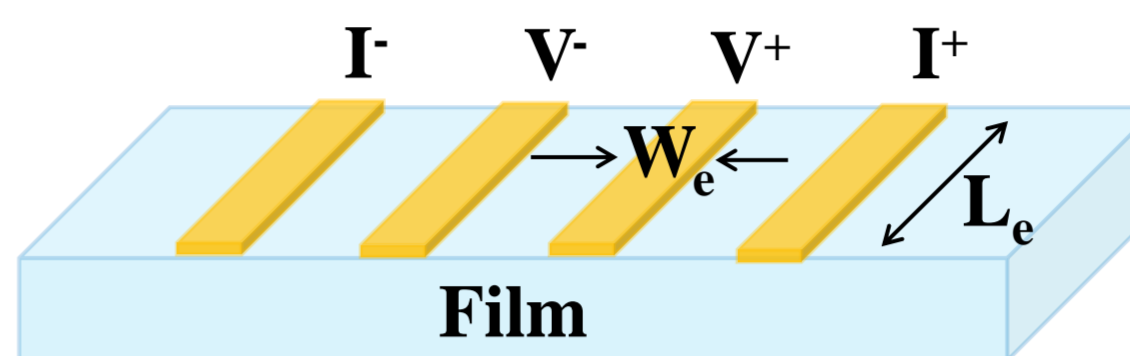
$P = \frac{F}{A}$ ，假設施一樣的力，可撓式四電極接觸面積為傳統四點探針的2萬倍，則**壓力下降2萬倍**。

2. 樣品寬度對片電阻量測技術的影響。



圖一、四點探針量測

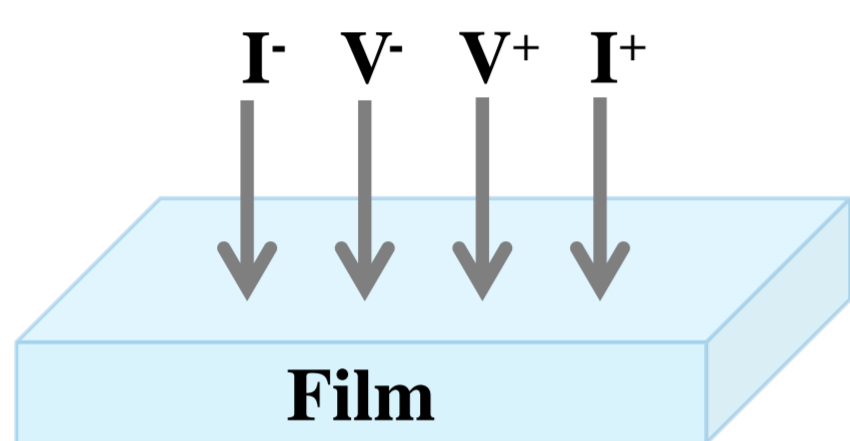
$A = \pi * R^2$
 A: 探針尖端面積
 R: 探針尖端半徑
 $R = 25 (\mu m)$
 $A = 1.96 * 10^{-9} (m^2)$



圖二、四電極量測

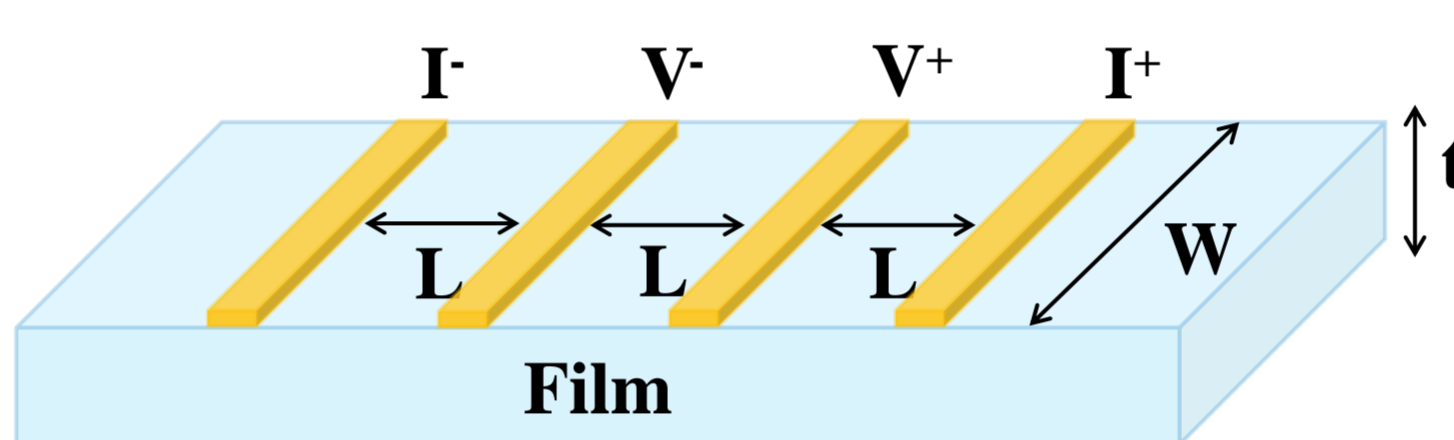
$A = W_e * L_e$
 A: 電極面積
 W_e : 電極寬度
 L_e : 電極長度
 $A = 1.5 * 25 (mm^2)$
 $= 3.75 * 10^{-5} (m^2)$

一、傳統四點探針與可撓式四電極學理



圖三、四點探針量測

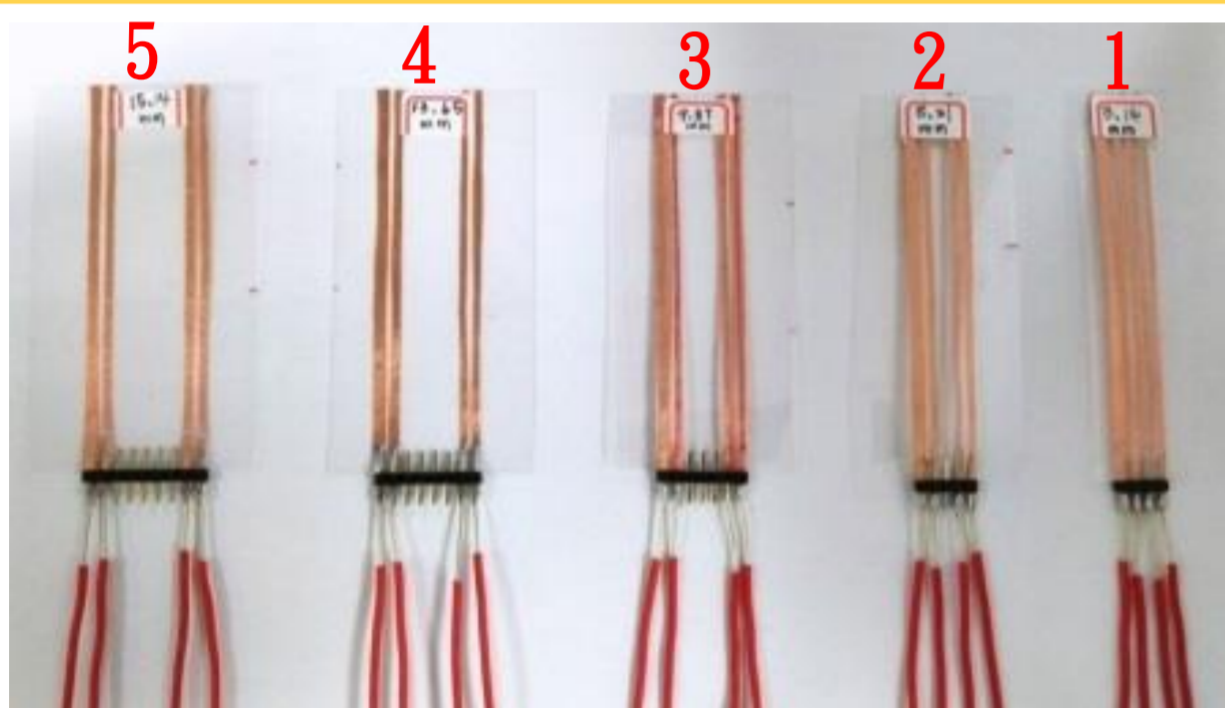
$R_s = R * 4.53$
 $\rho = R_s * t$
 R_s : 薄膜電阻
 R: 電阻
 ρ : 電阻率
 t: 薄膜厚度



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_s : 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_s (Ω/\square)	t (nm)	ρ ($\Omega \cdot cm$)
3.14	25.4	7.3	59.1	80	$4.7 * 10^{-4}$
5.21	25.4	15.8	77.0	80	$6.1 * 10^{-4}$
9.87	25.4	28.7	73.9	80	$5.9 * 10^{-4}$
13.65	25.4	37.0	68.8	80	$5.5 * 10^{-4}$
15.14	25.4	45.2	75.8	80	$6.0 * 10^{-4}$

四點探針 $R_s = 79.76 (\Omega/\square)$ 與不同四電極間距的 R_s 做比對，電極寬度為5.21 (mm)量測出的片電阻77.0 (Ω/\square)，誤差在**3.5 (%)**，效果最佳。

研究成果

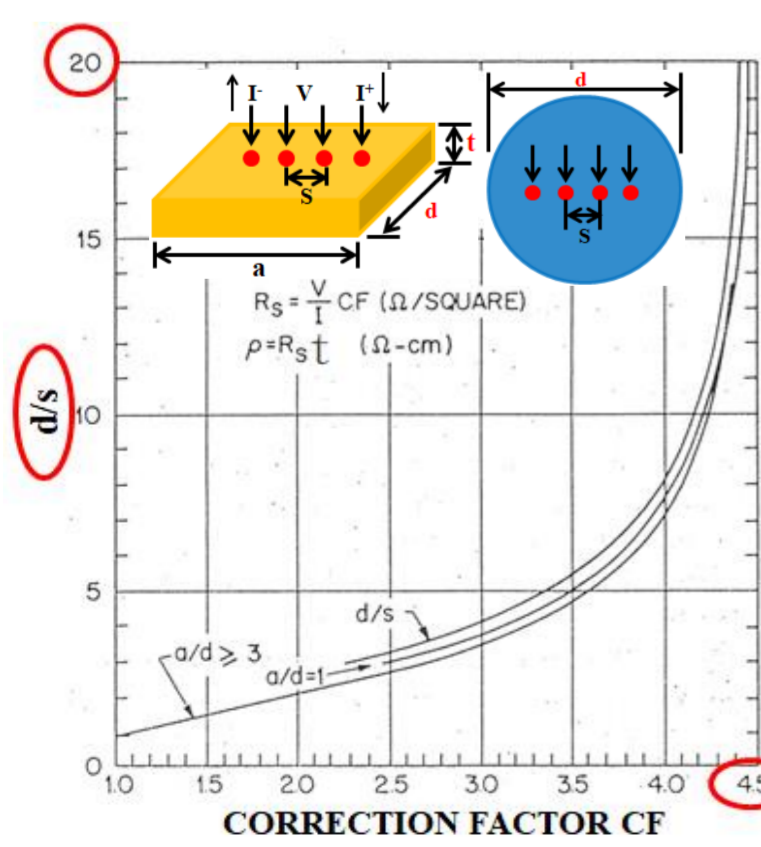


圖六、傳統四點探針



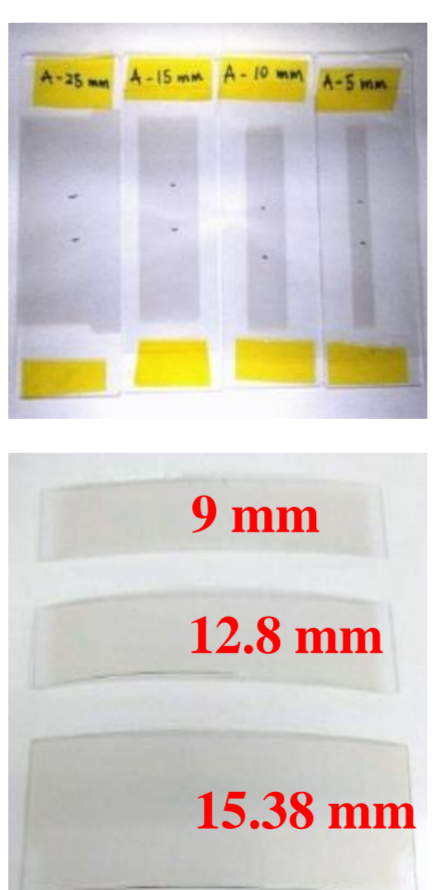
圖七、可撓式四電極

三、樣品寬度對片電阻量測的影響



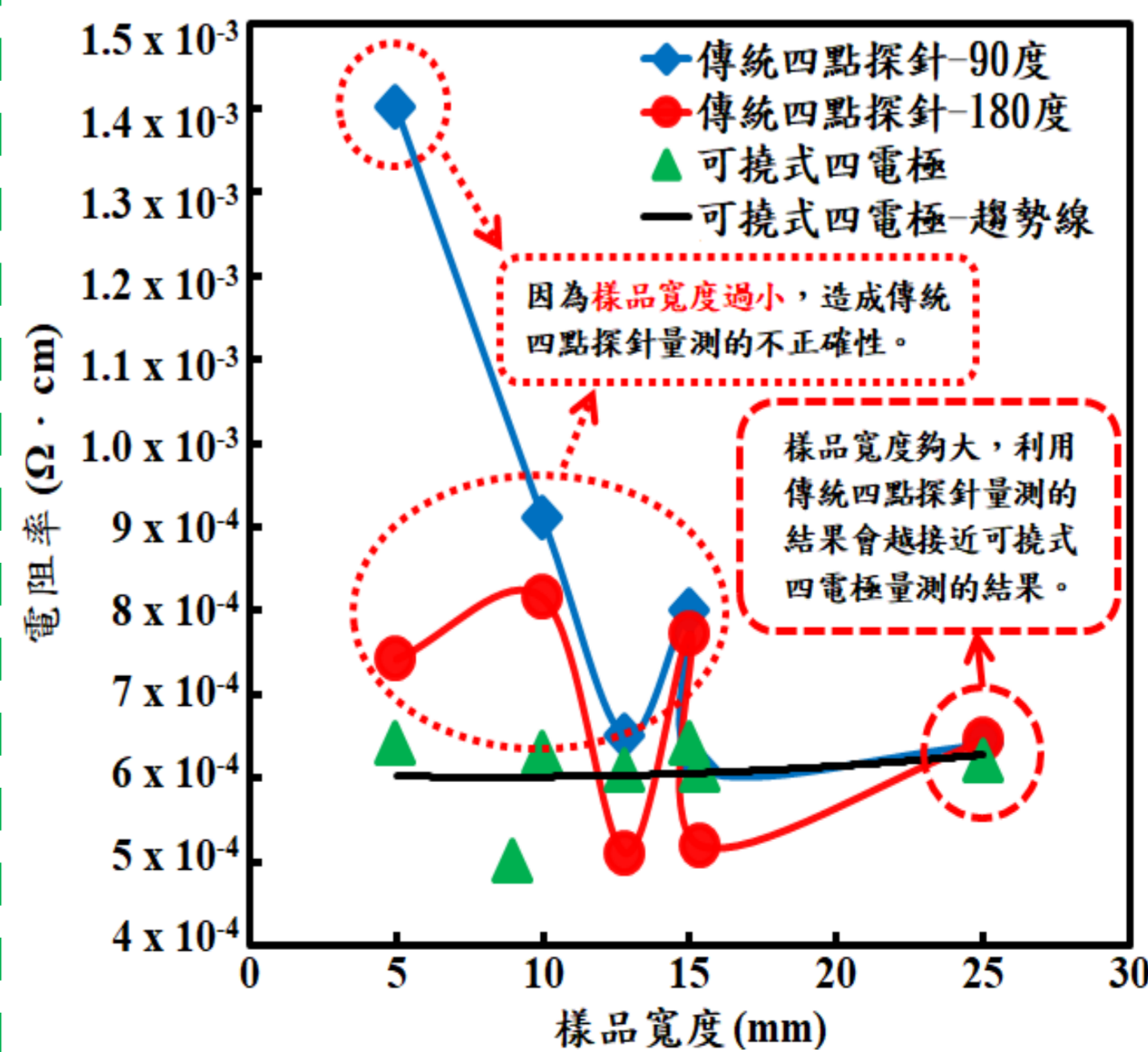
來源: Physics of Semiconductor Devices (第二版) - Page 31 - Fig. 20

圖八、樣品寬度對片電阻量測的影響



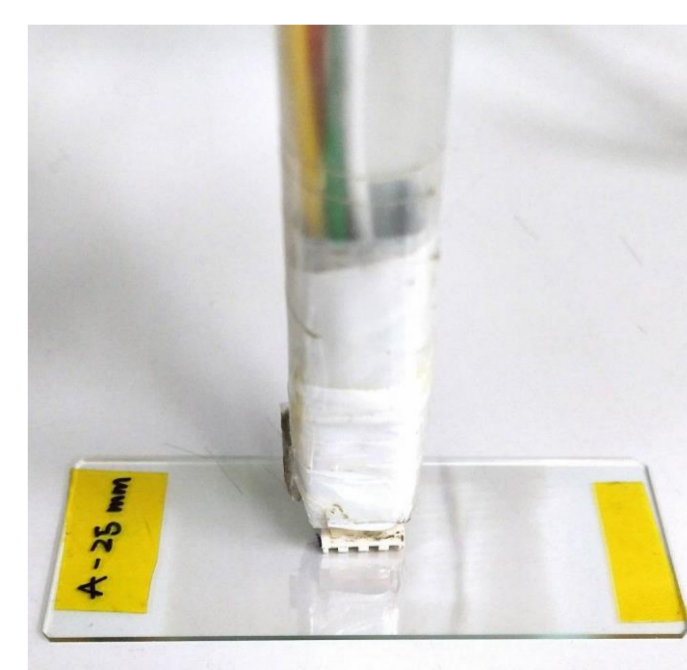
薄膜寬度必須大於探針間距的**20倍以上**，四點探針才能準確量測片電阻。

四、不同樣品寬度的片電阻量測技術

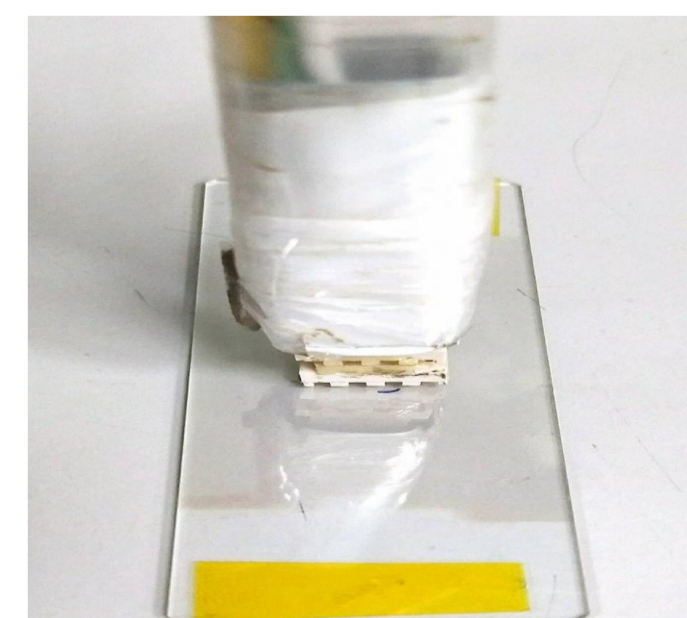


圖九、傳統四點探針與可撓式四電極對

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。**