



National Taipei University of Technology

# 機電頻率元件實驗室

## Four-Point Probe Operation Manual For CDE ResMap



指導教授：蘇春熺

管理者：黃加閔

2008年5月

## Four-Point Probe SOP

標準操作程序	標準操作程序(續)	注意事項
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 打開靠近四點探針儀側面(右手邊)的電源開關,接著按下電腦 Power ON 鍵後,隨即進入主畫面</li> <li>2. 進入 CDE Resmap 畫面後,點選 Yes</li> <li>3. 點選選單中的 Password → Log ON → 鍵入 Shift + 123 → OK</li> <li>4. 點選選單中的 Utilities → Control 進入操作介面</li> <li>5. Cassette 操作介面沒有作用(勿動)</li> <li>6. ProbeArm : 調整探針懸臂的移動位置(Home : 驅動探針懸臂馬達回到開機前的位置)</li> <li>7. ChunkRot : 調整吸盤(置放待測樣品的平台)的移動位置(Hone : 同上)</li> <li>8. ChunkElev : 調整探針懸臂與吸盤的相對移動位置(Hone : 同上)</li> <li>9. 上述的動作也可以透過點選 ( Probe To → R = 60 mm Th(角度) = 50 deg</li> <li>10. 將待測樣品置入吸盤 (Chunk) 上 , 調整 ChunkRot 和 ChunkElev 至適當的位置</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. 若探針與待測樣品實際接觸時,透過 ChunkElev 對應的 Position 刻度為 6.166 mm 時,此時點選 Parameter Files 下的 Motion Coord 進入畫面後</li> <li>12. 設定 ZChkContact (代表探針與待測樣品的接觸深度)與上述 ChunkElev 中的 Position 刻度同為 6.166 mm,再點選下方的 Ok And Save → Save as → 4pMtCrd□.prm(註: □ 由使用者決定檔名),以便在下次量測時,將檔案叫出來進行檢視所設定 Position 刻度(每次都要執行)</li> <li>13. 點選 GainSet 以進行量測,隨後會出現如下圖所示的參數值 I-V (代表正常)</li> <li>14. 測完後,點一下  → 按一下 Probe Separate 以便進行下一次量測</li> <li>15. 此時,可以移動待測樣品,以便對不同的探針扎點進行量測,作為比較參數之用</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 破片規格 : 至少 2 公分見方以上</li> <li>2. 測量破片時,請勿將待測樣品置於狹縫之中,以避免探針損壞</li> <li>3. 接觸量測時,探針座與吸盤的相對位置(以不互相碰撞為原則)</li> <li>4. 並確認四根探針有實際碰觸到待測樣品(實際上還是有露出部分探針),此時,千萬不能調整 ChunkRot 否則探針會因吸盤轉動產生的力矩而使探針斷裂(一根針約十萬左右)</li> <li>5. 當探針懸臂與待測樣品越靠近時,切記要將 ChunkElev 上下的移動間距調小,以便進行微調,目的是使探針和樣品表面能實際碰觸到,並避免造成探針突然朝下快速接觸樣品,造成機件損壞</li> <li>6. 每次測量後&lt;按一下 Probe Separate,目的是使原探針和樣品能夠分離開來,避免因誤觸 ChunkRot 而造成探針的損壞</li> </ol> <p>P.S:若須執行 Repeatability 選項者,需額外向 Super User 提出要求,經考核過後,方可使用</p>

# 1 Four-Point Probe Theorem

片電阻(Sheet Resistance)是傳導性材料之重要特性之一，尤其是導電薄膜。片電阻值會受到薄膜厚度、晶粒尺寸、合金比例與雜質濃度等因素影響，因此在製程過程中，常常會仔細的監控片電阻值，以建立片電阻與晶片良率之間的關係。

薄片電阻為一定義之參數，一條導線之電阻可以表示成：

$$R = \rho(L/A)$$

其中R 代表電阻， $\rho$ 為導體之電阻係數，L 為導線之長度，而A 為該導線之截面積；若導線為一長方形之導線，寬度為W，厚度為t，長度為L，則電線的電阻可寫成：

$$R = (\rho L)/(Wt)$$

若為長寬相等的正方形薄片導線，即L=W，則上列之等式可改寫成：

$$R = \rho / t$$

其中摻雜矽的電阻率 $\rho$ 主要由摻雜物的濃度來決定，而厚度t 主要由摻雜物的接面深度來決定，由得知的離子能量、離子的種類和基片的材料就能估計接面的深度，因此量測片電阻可以獲得有摻雜物濃度之資料。

四點探針是最常用來量測薄片電阻的工具，只要在其中兩個探針間加上固定之電流，並同時量測另外兩個探針間之電壓差值，就可以計算出薄片電阻。一般而言，探針之間隔 $S_1=S_2=S_3=1\text{mm}$ ，假設在薄膜面積無限大之狀況下，若電流I 加在P1 與P4 之間，則薄片電阻為 $R_s = 4.53 V/I$ ，此處的V 為P2 與P3 之間的電壓；若電流加在P1 與P3 之間，則薄片電阻 $R_s = 5.75 V/I$ ，V 為P2與P4 之間的電壓。通常先進的工具都會進行四次量測，以程式依序進行上述兩種量測組態，並改變每一種組態的電流方向來減少邊緣效應以得到更準確之數值。

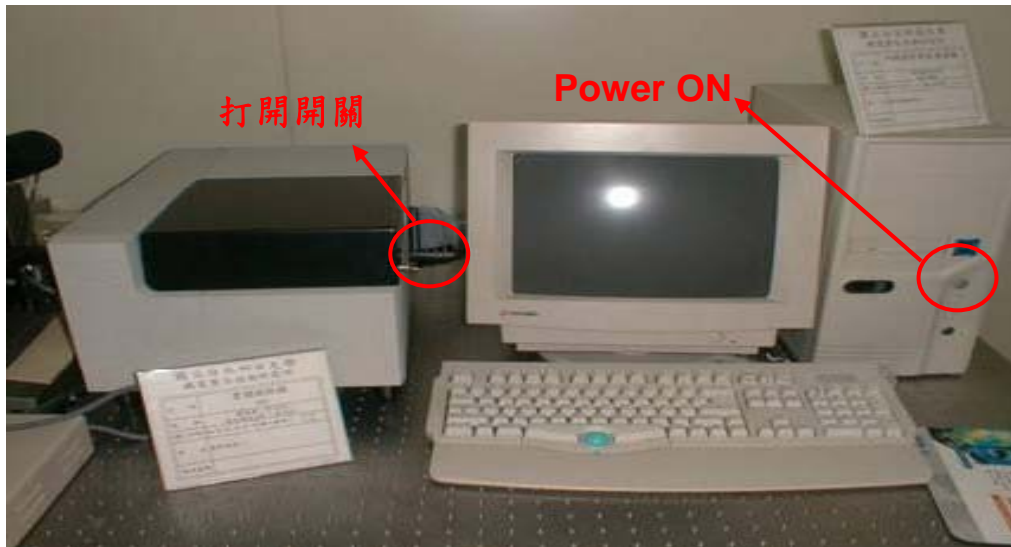
由於四點探針的量測會造成晶圓表面之缺陷，因此只能用來量測測試晶圓以進行製程發展、鑑定和控制。進行量測時必須要有足夠的力量使探針能穿透較薄之原生氧化層，使探針接觸到矽基片來進行量測。

四點探針檢測時，需注意下列條件：

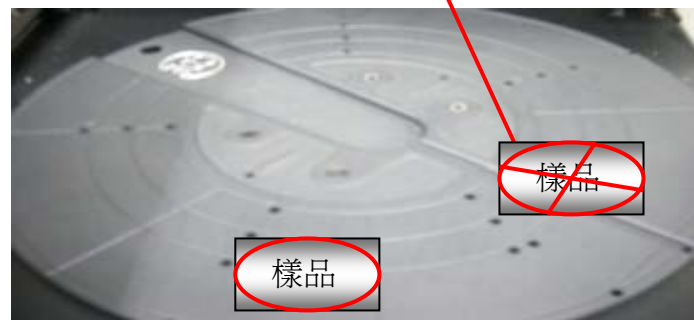
1. 量測的四個接觸點位置必須在待測品的邊緣。
2. 黏接的接觸點面積必須非常小。
3. 待測品厚度必須非常均勻。
4. 待測品的表面必須是 singly connected。

## 2 Taking a Sample Test Measurement

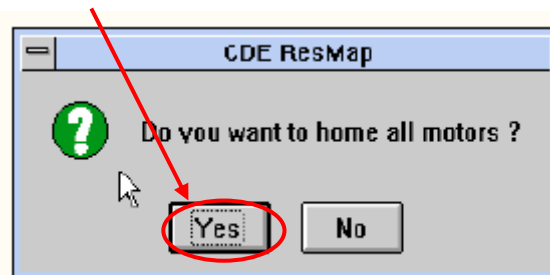
2.1 打開靠近四點探針儀側面(右手邊)的電源開關，接著按下電腦 Power ON 鍵後，隨即進入主畫面。



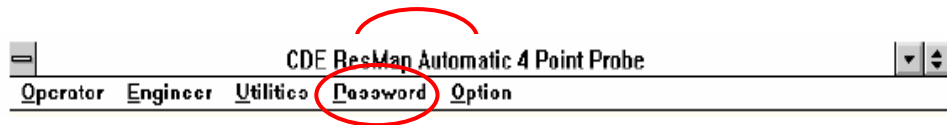
2.2 測量破片時，請勿將待測樣品置於狹縫之中，以避免探針損壞，如下圖所示：



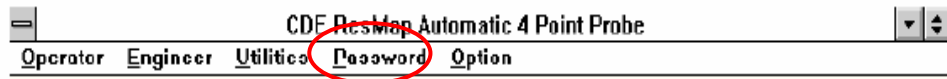
2.3 進入畫面後，點選 Yes。



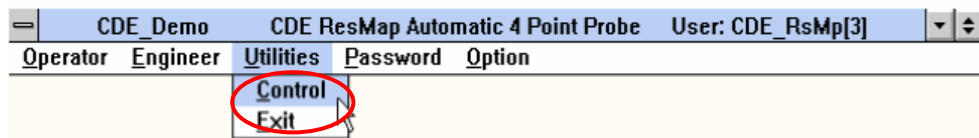
2.4 點選選單中的 Password → Log ON → 鍵入 Shift + 123 → OK。



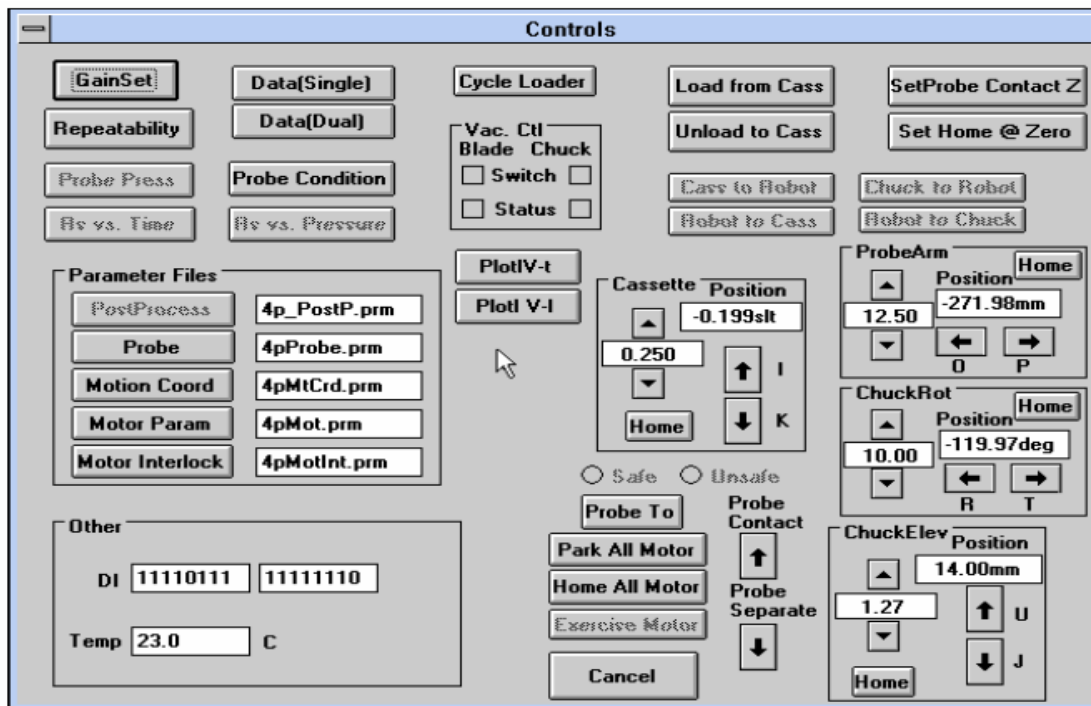
2.5 點選選單中的 Utilities → Control 進入操作介面。



2.6 點選選單中的 Utilities → Control 進入操作介面。



如下所示：

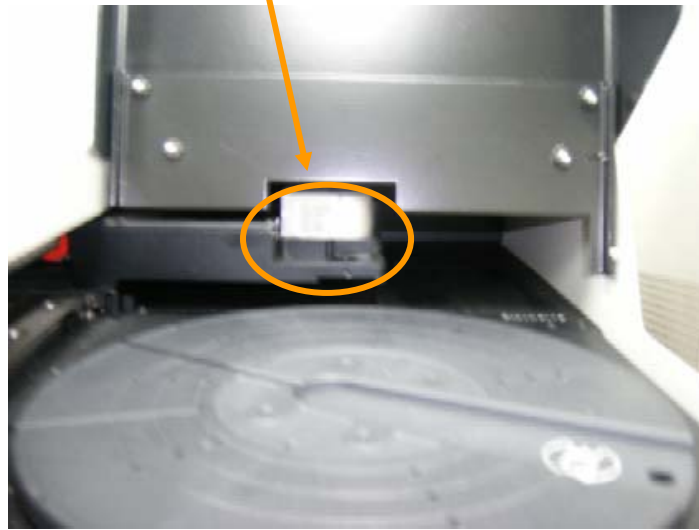


Cassette 操作介面沒有作用(勿動)。

ProbeArm：調整探針懸臂的移動位置

Position：調整懸臂前進與後退(透過左右箭頭)(上下箭頭)則是移動的間距，以便進行微調

**Home**：驅動探針懸臂馬達回到開機前的位置



**ChunkRot**：調整吸盤(置放待測樣品的平台)的移動位置

**Position**：調整吸盤的位置(R 為逆時針旋轉，T 為順時針)

(上下箭頭)則是移動的間距，以便進行微調

**Home**：驅動吸盤馬達回到原位置

**ChunkElev**：調整探針懸臂與吸盤的相對移動位置

**Position**：調整吸盤向上與向下移動(控制升降)

(上下箭頭)則是移動的間距，以便進行微調

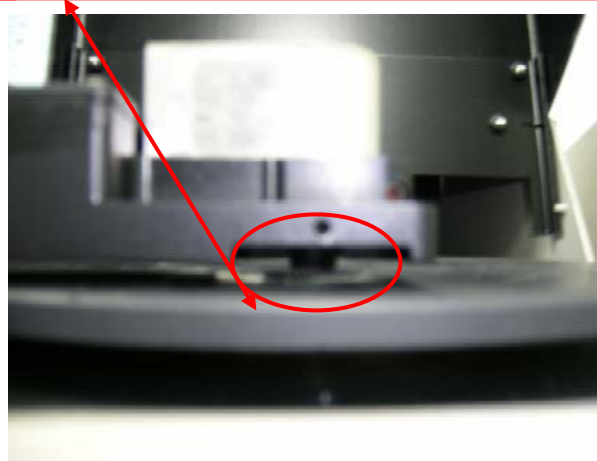
**Home**：驅動探針懸臂馬達回到原位置

舉例：上述的動作也可以透過點選 ( Probe To → R = 60 mm Th(角度) = 50 deg → OK ) 來加以調整探針與吸盤的相對位置(以不互相碰撞為原則)。如下圖所示：



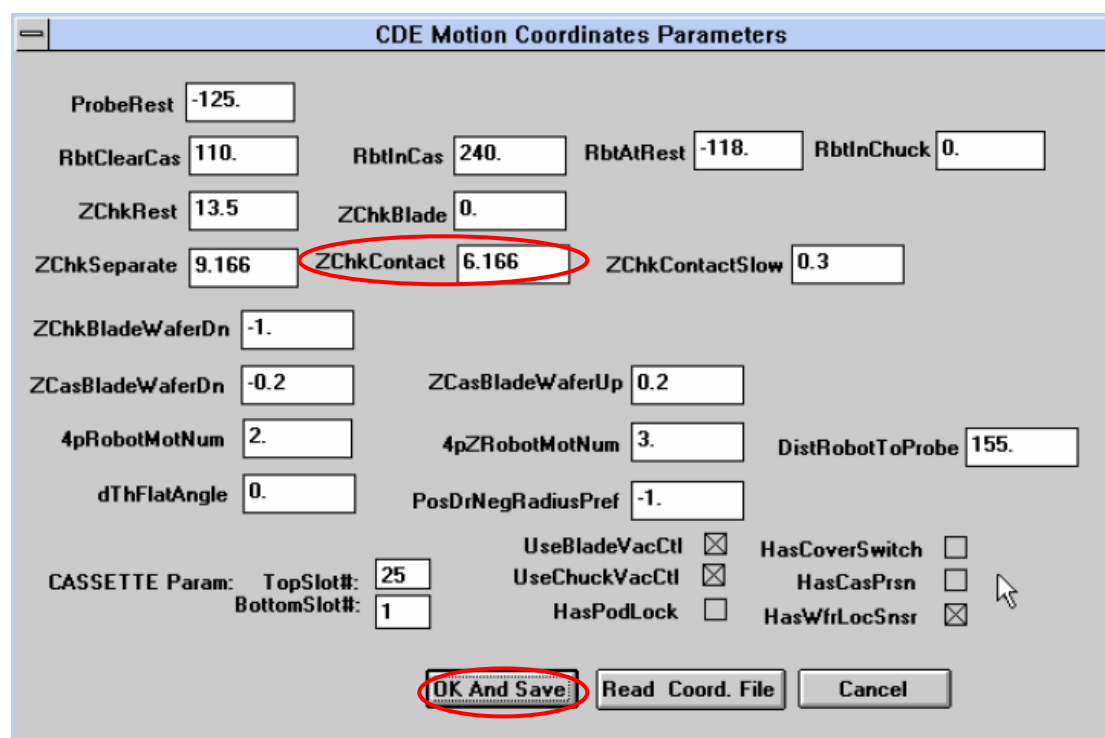
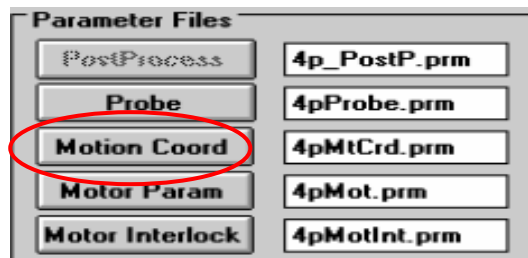
※上述為量測破片時，所設定的參考值，也可依照使用者喜好來加以設定。

將待測樣品置入吸盤(Chunk)上，調整 **ChunkRot** 和 **ChunkElev** 至適當的位置，並確認四根探針有實際碰觸到待測樣品(實際上還是有露出部分探針)，此時，千萬不能調整 **ChunkRot** 否則探針會因吸盤轉動產生的力矩而使探針斷裂。



※ 當探針懸臂與待測樣品越靠近時，切記要將 **ChunkElev** 上下的移動間距調小，以便進行微調，目的是使探針和樣品表面能實際碰觸到，並避免造成探針突然朝下快速接觸樣品，造成機件損壞。

舉例：若探針與待測樣品實際接觸時，透過 ChunkElev 對應的 Position 刻度為 6.166 mm 時，此時點選 Parameter Files 下的 Motion Coord 進入畫面後。



設定 ZChkContact (代表探針與待測樣品的接觸深度)與上述 ChunkElev 中的 Position 刻度同為 6.166 mm，再點選下方的 Ok And Save → Save as → 4pMtCrd .prm(註：一律設定為 Q)，以便在下次量測時，將檔案叫出來進行檢視所設定 Position 刻度。

(※註：上述條件為限定每次待測樣品的厚度均為一致時才適用)



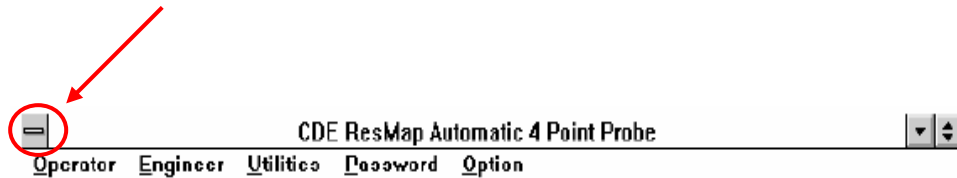
接下來，按一下 **Probe Separate**，目的是使原探針和樣品能夠分離開來，避免因誤觸 **ChunkRot** 而造成探針的損壞。

點選 **GainSet** 以進行量測，隨後會出現如下圖所示的參數值(代表正常)

```
PrbWfrCmd: F1=run Gain data Data prbTo Park F6=Plt CursrKys=JogMot
  CntrPlt 3DPlt DiamPlt HstoPlt F9=ProbeCondn F9=Repeatablty Calib calStd
  F10=PbCfg PbPrm F7=PrbPrs F7=RsUsPrs F7=dTime AutoOptGain Alt+ Ctrl+
A:#d=1357 R= 34.89061 B:#d=1349 R'= 34.95946 Δ=-0.09867 Rs= 35.09635Ω/□
#dat=1357 Roio=2716 2996 3910 Xq=1.9 Mrt= 21.639 m= 0.765 Rs= 34.8931Ω/□
Rref set to [6] =18075000 IoutAI=752 VinAII[G= 100]=0
IdroPerf=A U_AI_Zero=2045
Rref set to [6] =18075000 IoutAI=749 VinAII[G= 100]=-1
Rref set to [5] = 972392 IoutAI=745 VinAII[G= 100]=0
Rref set to [4] = 102327 IoutAI=745 VinAII[G= 100]=-4
Rref set to [3] = 10202.9 IoutAI=741 VinAII[G= 100]=55
Rref set to [2] = 1005.81 IoutAI=703 VinAII[G= 100]=-536

Optimize Gain by Matrixing: Rref= 1005.81, UGain=100 Rs= 34.888 Merit=21.39:
 100.320: 10 34.703 13.83 100 34.932 0.02 993 34.244 0.00
 1005.81: 10 34.851 1.65 100 34.888 21.39 993 34.939 0.01
 10202.9: 10 38.055 0.07 100 34.869 2.92 993 34.917 13.41
Rref set to [2] = 1005.81 IoutAI=782 VinAII[G= 993]=2050
CasEluMoto -0.220 0.250 ProbeConfig:A
Rrf 1005.8 GnV=100 IDPf=A #d=1357 RI=3912 RU=2997 I,Umx 4.748 36.57 Mrt 20.64
```

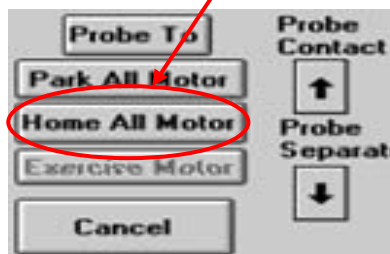
測完後，點選一下圖中的紅色圓圈 → 按一下 **Probe Separate** 以便進行下一次量測



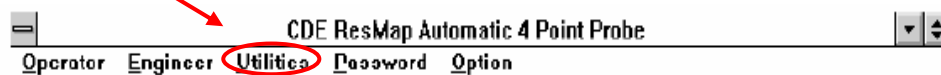
此時，可以移動待測樣品，以便對不同的探針扎點進行量測，作為比較參數之用 (附註：探針和樣品間的深度會影響最後的測試結果)

或是執行 **Repeatability** → 點選 **Static** (靜態量測) 則 **dTh** (微角度) 需設定為零，並鍵入一開始所設定的 **R = 60 mm**，**Th** (角度) = **50 deg**，以針對某一待測點進行單點多次量測，一般而言，量測次數是設定為 5 次，依使用者而定，其中 **ProbeCfg** 設為 "1" 時，為量測塊電阻，設為 "2" 時，為量測片電阻，至於點選 **Dynamic** (動態量測) 則需設定 **dTh** (微角度) 值，其動作模式為測完一點後，探針旋轉一個微角度，再對樣品進行量測，此動作可能會使探針扎到樣品邊緣(若待測樣品不夠大時)，使探針斷裂，故在此強調不建議使用。

2.7 待所有的量測結束後，記得點選 Home All Motor 後



2.8 再點選 Utilities → Exit → 結束執行程式



2.9 關掉四點探針開關，再將電腦關機，然後關掉延長線上的總開關，並確實填寫使用紀錄簿後即可離開。

### 3 Experiment

#### 3.1 於材料分析上之應用

用四點探針法測量電阻率，可避免探針與半導體間的誤差，是測量電阻率或 sheet resistance 最常用的方法，它既可用來量測塊狀物質（晶片厚度遠大於電流擴散深度）也可用之於薄膜（晶片厚度遠小於電流擴散深度）。因為矽的電阻與雜質濃度很有關係，所以用四點探針測量電阻可為雜質濃度提供有用的訊息。可搭配各種量測儀器，利用四點探針原理量測電面電阻值/電阻系數

量測材質: Si、ZnO、CNT及Tin等其它材料

量測尺寸: 可需1.5平方公分以上

#### 3.2 Experiment Result Sheet

試片種類					
平台高度					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
平均值					