

# TCAD Sentaurus 教學

## Part 5: MOSFET 模擬

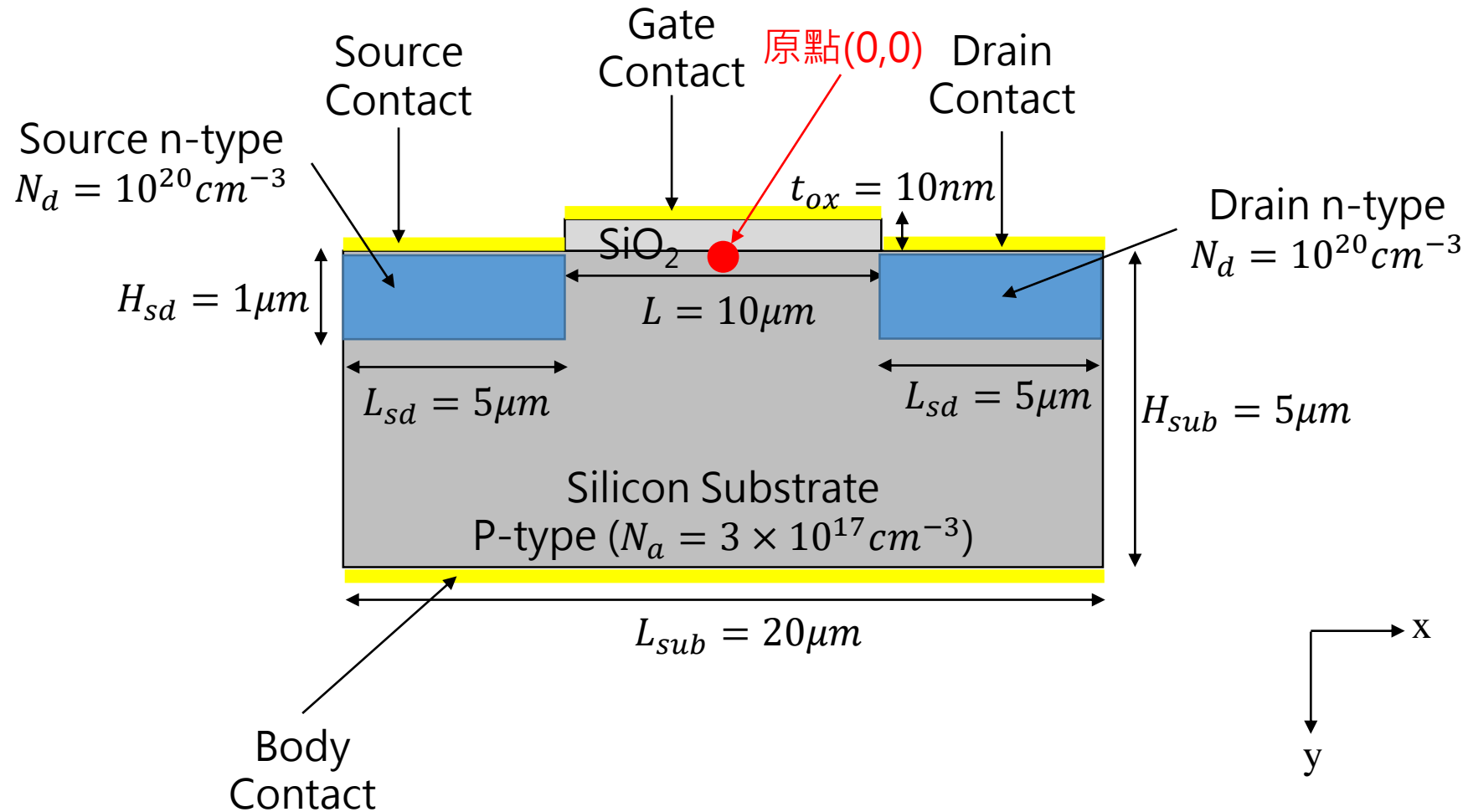
BY TA 張耀均

2019/06/05

# Outline

- MOSFET 模擬流程和結果
  - 元件結構和參數
  - 元件結構檔 ( .txt )
  - Command 檔 ( .cmd )
  - 查看Drain 電流 ( \_des.plt )
  - 查看Channel 的Band Diagram ( \_des.tdr )

# 待模擬MOSFET 的結構 & 參數



# MOSFET 元件模型檔位置

- 元件模型檔位置在/usr/TCAD\_tutorial/Structure 的MOSFET.txt
- 接下來幾頁投影片會講解一些裡面重要的地方。

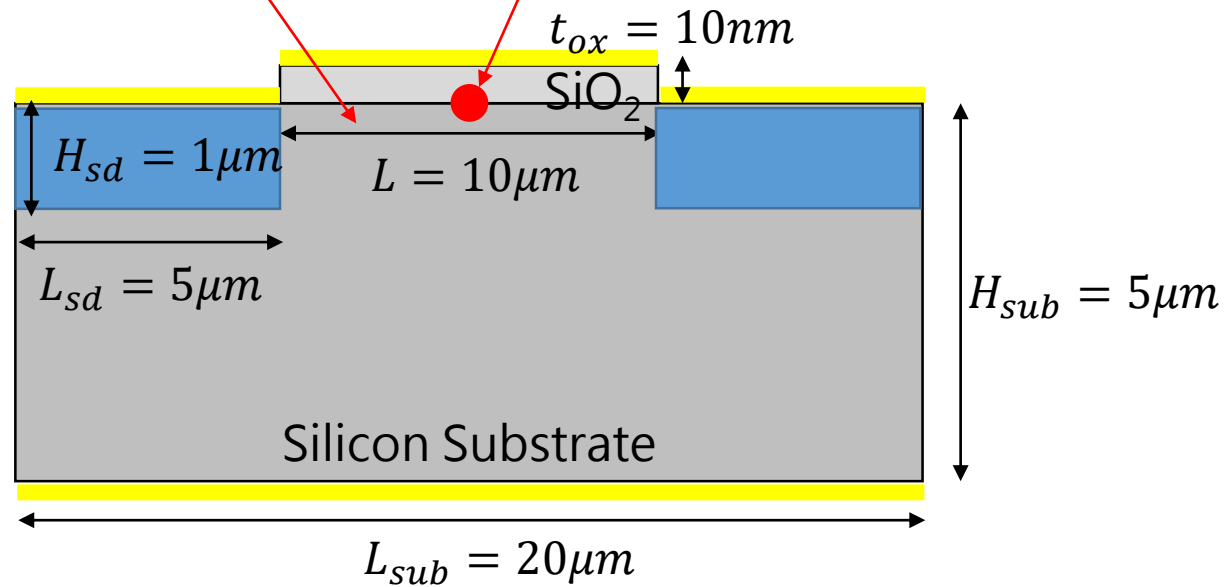
# 定義變數

```
(define Lsub 20) Substrate 長度  
(define Hsub 5) Substrate 高度  
(define L 10) Channel length  
(define Lsd (* (- Lsub L) 0.5))  
(define Hsd 1) S/D 區域深度  
(define tox 0.01) Oxide 厚度  
(define tch 0.005) Channel 厚度
```

$0.5 \times (L_{sub} - L) = 5\mu m$ ，四則運算語法下一頁說明

Channel 位在Oxide 下0.5 nm 的範圍內

原點(0,0)

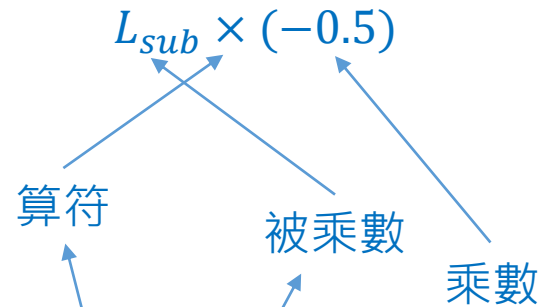


# Sentaurus 變數的四則運算 ( 很不直觀... )

```
##-----##  
##      Structure      ##  
##-----##
```

```
(sdegeo:create-rectangle (position (* Lsub -0.5) 0 0) (position (* Lsub 0.5)  
Hsub 0) "Silicon" "Substrate" )
```

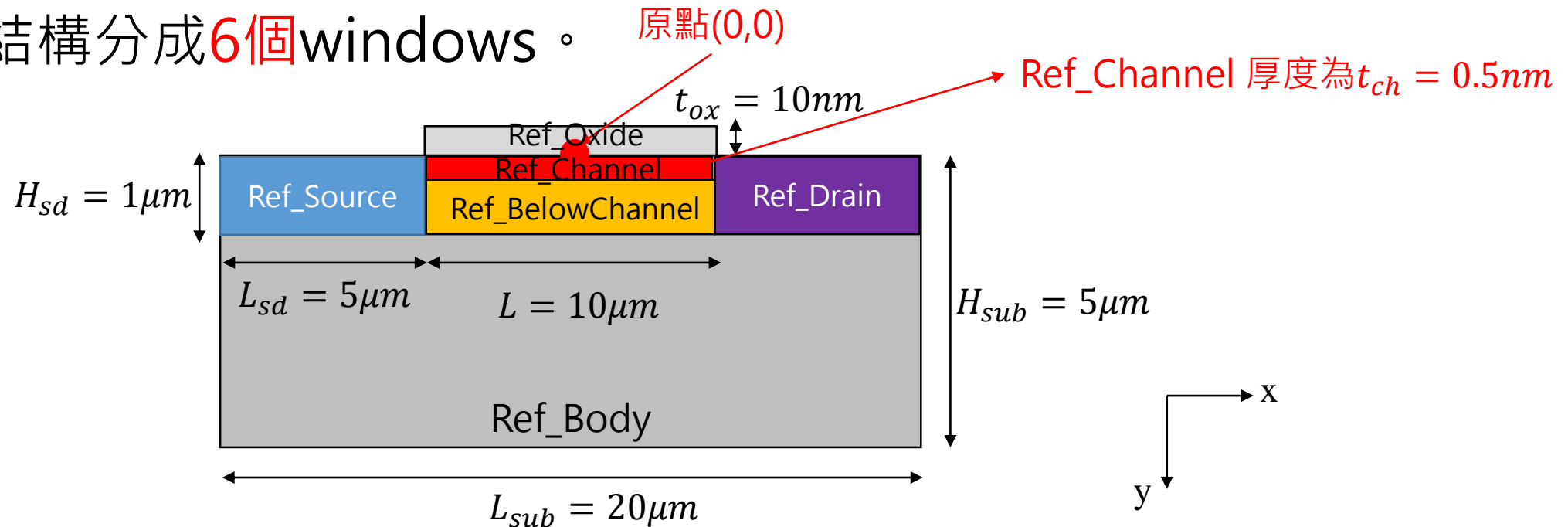
```
(sdegeo:create-rectangle (position (* L -0.5) 0 0) (position (* L 0.5) (*  
tox -1) 0) "SiO2" "Oxide" )
```



# Reference Windows 的部分

- .txt 檔裡Reference window 的部分非常複雜，這邊用圖解說明，請同學們回去自行對照程式碼看。

- 一共把結構分成6個windows。



# 建立元件模型並產生Mesh

- 看懂.txt 檔後，把內容複製到Sentaurus Structure Editor，存檔，然後產生mesh。
- 接下來我們來講解command file ( .cmd ) 。



# Command File 位置

- Command file 在/usr/TCAD\_tutorial/Command 的 MOSFET.cmd 。
- 記得把Command file 存到和mesh 檔同一個資料夾 。
- 接下來幾頁投影片會講解一些裡面重要的地方 。

# File Section

```
File {  
    * input files:  
    Grid=    "MOSFET_msh.tdr"  
    * output files:  
    Plot=    "MOSFET_Vds0p5V_des.tdr"  
    Current="MOSFET_Vds0p5V_des.plt"  
    Output=  "MOSFET_Vds0p5V_des.log"  
}
```

儲存 $V_{ds} = 0.5V$ 的結果

# Solve Section

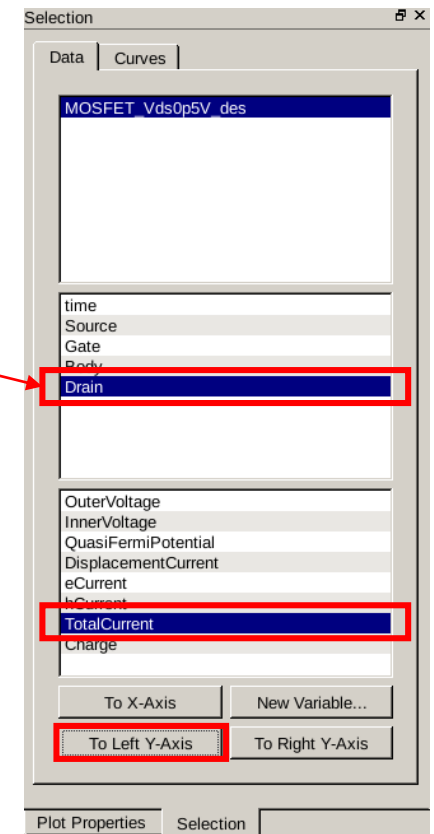
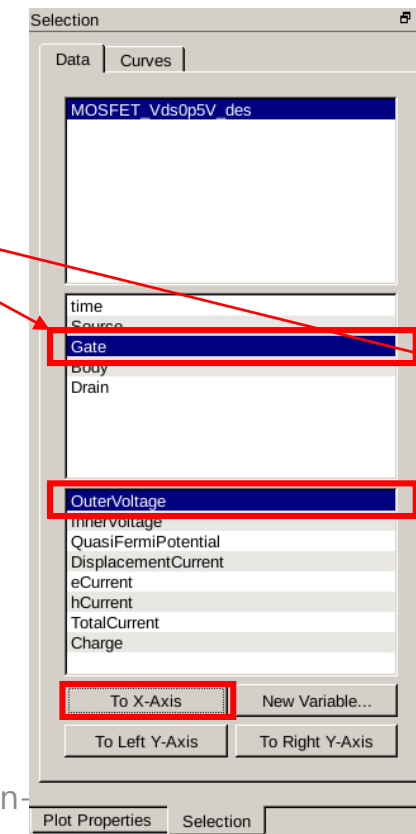
```
Solve {  
  #-initial solution:  
  Poisson  
  Coupled { Poisson Electron Hole } → 同時解Electron 和Hole  
  #-ramp gate:  
  Quasistationary ( InitialStep = 0.010 MaxStep = 0.050 MinStep=0.005  
    Goal { Name="Gate" Voltage=-0.5 } → 先把Gate 電壓掃到-0.5V  
    { Coupled { Poisson Electron Hole } }  
  Quasistationary ( InitialStep = 0.010 MaxStep = 0.050 MinStep=0.005  
    Goal { Name="Gate" Voltage=3 } → 再掃到3V  
    { Coupled { Poisson Electron Hole } }  
}
```

# 關於作業第3題...

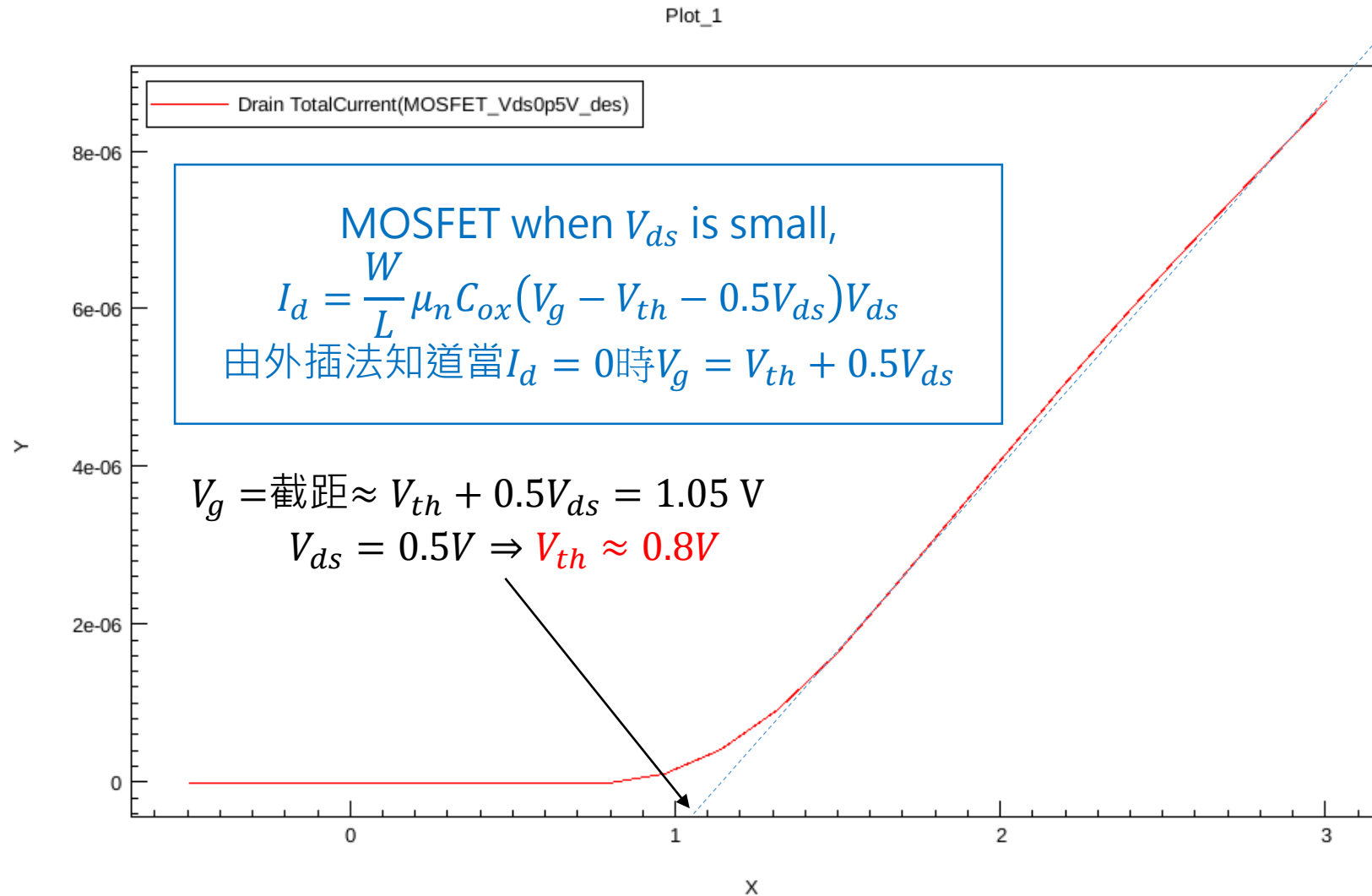
- 老師要大家畫  $V_{OV} = -1 \sim 2V$  的  $I_d$ - $V_g$  Curves，因為  $V_{OV} = V_g - V_{th}$ ，所以  $V_{th}$  會決定掃  $V_g$  的範圍。這邊猜  $V_g = -0.5 \sim 3V$  可涵蓋  $V_{OV} = -1 \sim 2V$ 。事後可以從  $I_d$ - $V_g$  Curves 算出  $V_{th}$ ，再回推估計是否正確。
- 至於為什麼要先掃到  $-0.5V$  再掃到  $3V$  的原因在 part 4 中有講。（因為半導體 carrier transport 行為非線性）
- 另外還要跑  $V_{ds} = 2V$  的狀況，留給同學自己跑。
- Channel length 改成  $100\text{ nm}$  的部分，只要去 .txt 檔改  $L$  的值就可以，不過記得也要把 Ref\_Channel 和 Ref\_BelowChannel 的 mesh x 方向切細，建議切 **1 nm** 的大小。

# 求解器求解並觀看結果

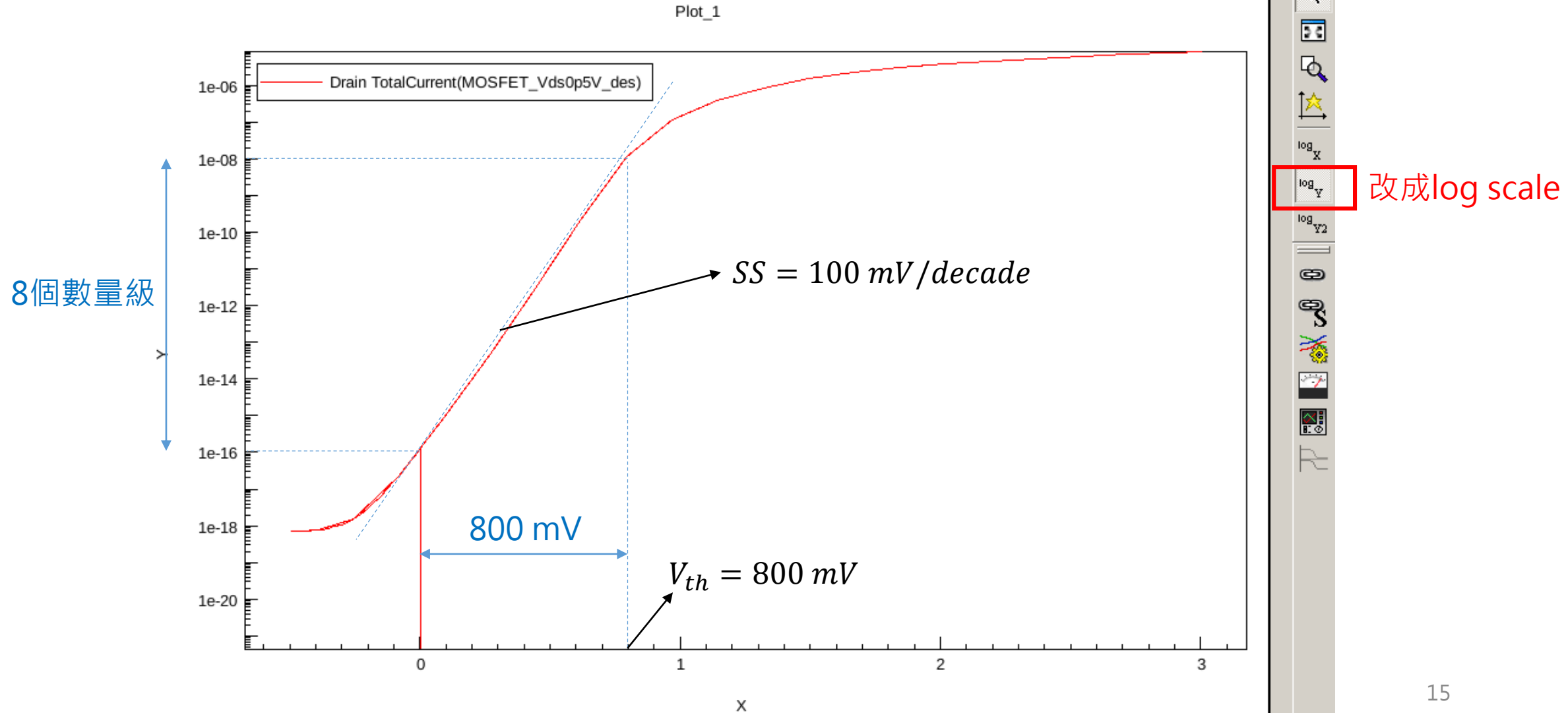
- 回到MobaXterm 輸入 **sdevice + .cmd**檔開始求解。
- 解完後輸入 **svisual &**，開啟Sentaurus Visual，在裡面開啟 MOSFET\_Vds0p5V\_des.plt 檔觀看contact 電流結果。
- Gate OuterVoltage To X-Axis
- Drain TotalCurrent To Left Y-Axis



# $I_d - V_g$ Curves with $V_{ds} = 0.5V$



# Subthreshold Slope (or Swing) (SS)

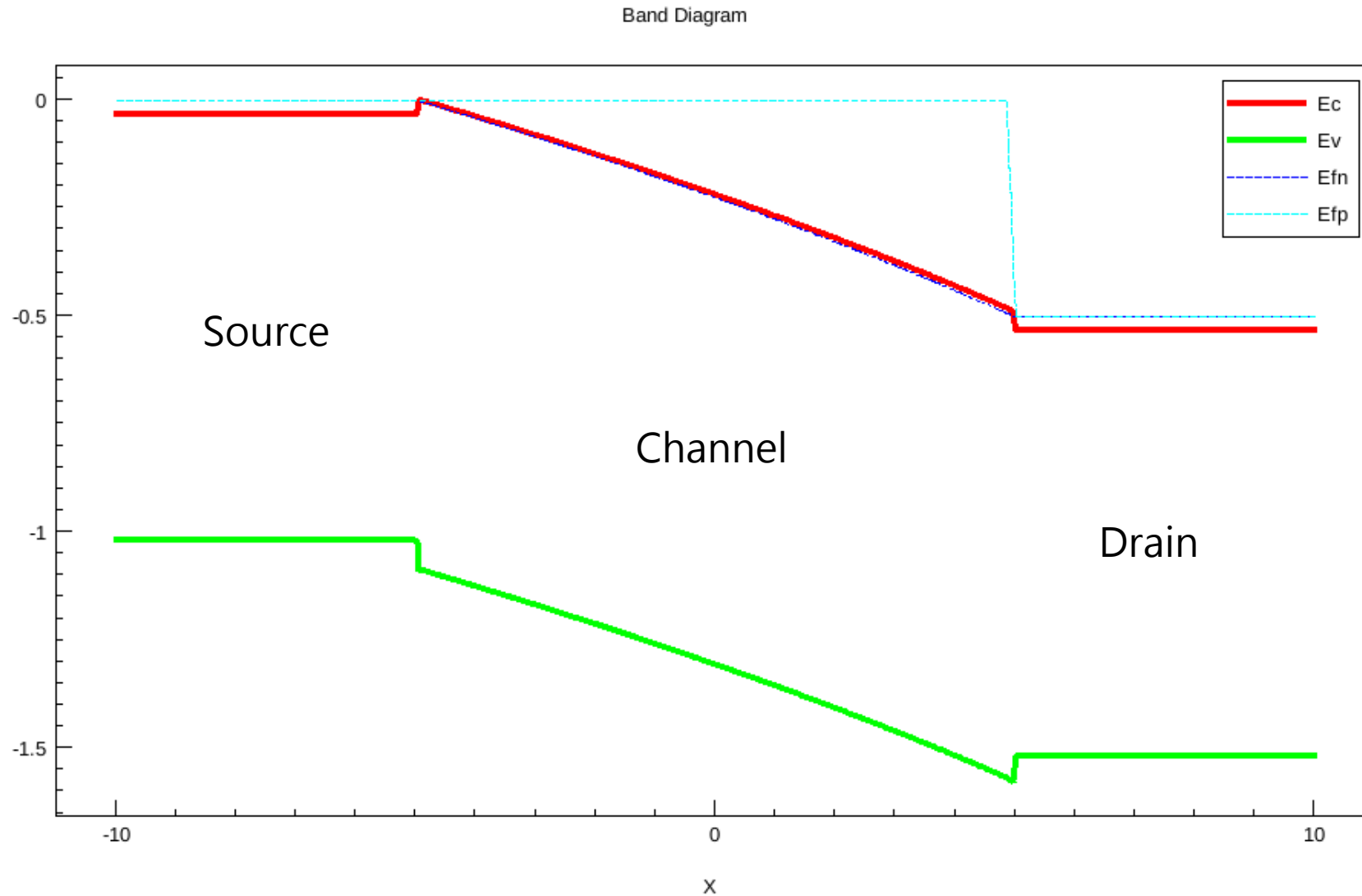


# 關於作業第3題...

- (c) 小題老師要大家畫channel 的band diagram，所以在Sentaurus Visual 中開啟MOSFET\_Vds0p5V\_des.tdr 檔。  
( 點選 $I_d - V_g$  curves 按Ctrl+D關閉 )
- 定義y 截線，設定y座標為 $0.0005\mu m$ ，即Oxide 下方0.5nm 處。
- 看Band diagram 結果。



# 橫截線上的Band Diagram



# 關於作業第3題...

- (d) 小題要各位跑各種substrate doping 和oxide 厚度的組合，研究它們的SS，如果(a) 小題沒問題，那就只是勞力問題...

# TCAD Tutorial 總結

- 投影片中所有示範的作圖都非常隨便，同學們交作業時該標的東西都要標清楚！！（**單位、標題、每條線代表什麼**，能分析的話更好）
- 如果有任何問題可以來問助教或是參閱工作站上的user guide，再放一次位置：[/usr/synopsys/L\\_2016.03/tcad/L-2016.03/manuals/PDFManual/data/sdevice\\_ug.pdf](/usr/synopsys/L_2016.03/tcad/L-2016.03/manuals/PDFManual/data/sdevice_ug.pdf)
- 作業第4題交給同學自己研究。
- 祝大家模擬順利 ~ ~ ~