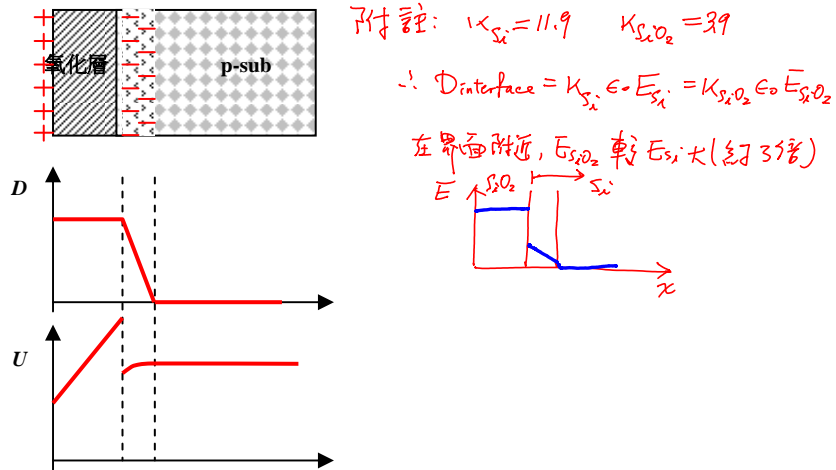


應用電子學 複習
第七章

1. 一個 n-MOSFET 閘極剛加少量正電偏壓時，通道會形成空乏區，請畫出由氧化層到空乏區及半導體基板的電位移(或電力線密度)及電子電位能的分布圖。



2. (a) 當 n-MOSFET 閘極偏壓到達臨界電壓(threshold voltage)時，接近界面半導體中的電子電位能會低到接近源極的電子電位能，此時導電電子可開始進入界面，形成通道，稱為反轉層(inversion layer)。

(b) 閘極偏壓超過臨界電壓後，空乏區寬度就幾乎不再變化，多出的電位差用來增加通道電子，故通道電荷濃度可寫為 $Q(x) = -C_{ox}(V_{GS} - V_t)$ $C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}}$

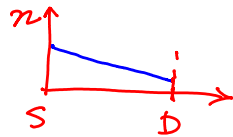
3. n-MOSFET 的輸出特性:

(a) 線性區或 triode 區:

靠近源極必須有導電電子(ON 的條件): $V_{GS} > V_t$;

靠近汲極也有導電電子 $V_{GD} > V_t$ 或 $V_{DS} < V_{GS} - V_t$;

畫出源極到汲極通道電子的分布示意圖:

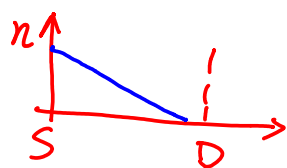


(b) 飽和(saturation)區: 注意和BJT的飽和區完全無關，定義不同。

靠近源極必須有導電電子(ON 的條件): $V_{GS} > V_t$;

靠近汲極沒有導電電子: $V_{GD} \leq V_t$ 或 $V_{DS} \geq V_{GS} - V_t$;

畫出源極到汲極通道電子的分布示意圖:



4. n-MOSFET 電流電壓特性的計算:

(a) 在很 v_{DS} 小時, 通道電荷密度為 $-C_{ox}(v_{GS}-V_t)$, 其中單位閘極面積的電容大小為 $\frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}}$ 。源極與汲極間電場大小為 $\frac{v_{DS}}{L}$, 可計算出漂移電流密度大小為 $J_n = \mu_n C_{ox} (v_{GS} - V_t) \frac{v_{DS}}{L}$
 故汲極電流大小為 $i_D = J_n W = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t) v_{DS} = k'_n \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t) v_{DS}$

Process transconductance parameter 定義為 $\mu_n C_{ox}$, 單位為 A/V^2 。 (b) 當 v_{DS} 較大時, 通道電荷密度不均勻, 靠近汲極處較小, 我們取通道中點的值做近似值, 如此可得一非線性的 I-V 關係:

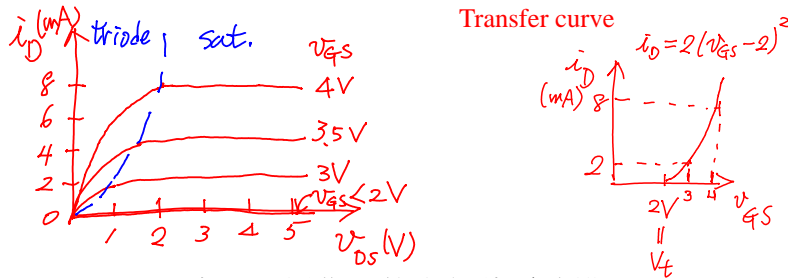
$$i_D = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t - \frac{1}{2} v_{DS}) v_{DS} = k'_n \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t - \frac{1}{2} v_{DS}) v_{DS}$$

當 v_{DS} 愈大時, i_D 對 v_{DS} 的斜率愈小。

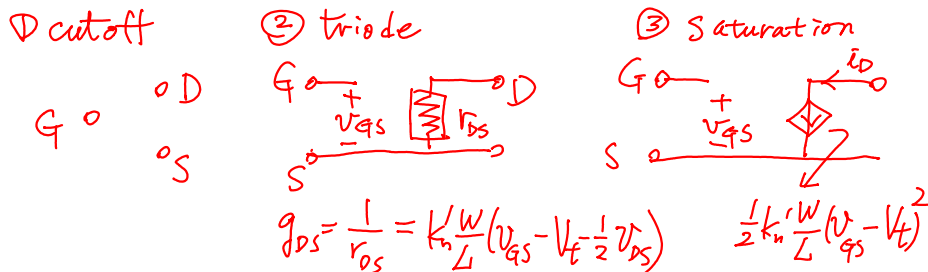
(c) 當 v_{DS} 到達 $v_{GS}-V_t$ 時, 靠近汲極的通道截止 (pinch-off), 輸出電流就不隨 v_{DS} 變化, 形成電流源, 此電流源大小與閘極偏壓有關。此時的電流可寫為:

$$i_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t)^2 = \frac{1}{2} k'_n \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t)^2$$

5. 畫出一個 n-MOSFET 的共源極輸出特性和轉換特性圖: ($V_T=2V$, $KP*W/L=4$ mA/V)



6. 畫出一個 n-MOSFET 在不同操作區的大訊號電路模型



7. 何謂通道長度調變效應, 對 n-MOSFET 的輸出曲線有何影響? 請畫出考慮此效應的輸出特性與對應的模型。

MOSFET 在飽和區時, 當 DS 間偏壓愈大, 靠近 D 極的空乏區愈大, 使得有效的通道長度減小, 致使通道電阻減小, 導致 I_D 上升。

