

電子電路實驗 2: BJT FET 特性曲線量測

實驗結報

B02901178 江誠敏

March 16, 2015

1 實驗結果

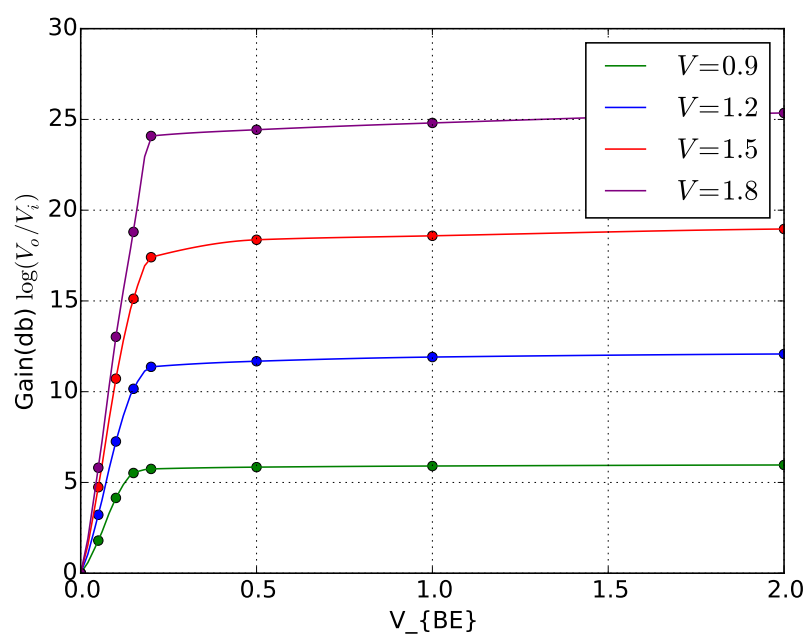


Figure 1

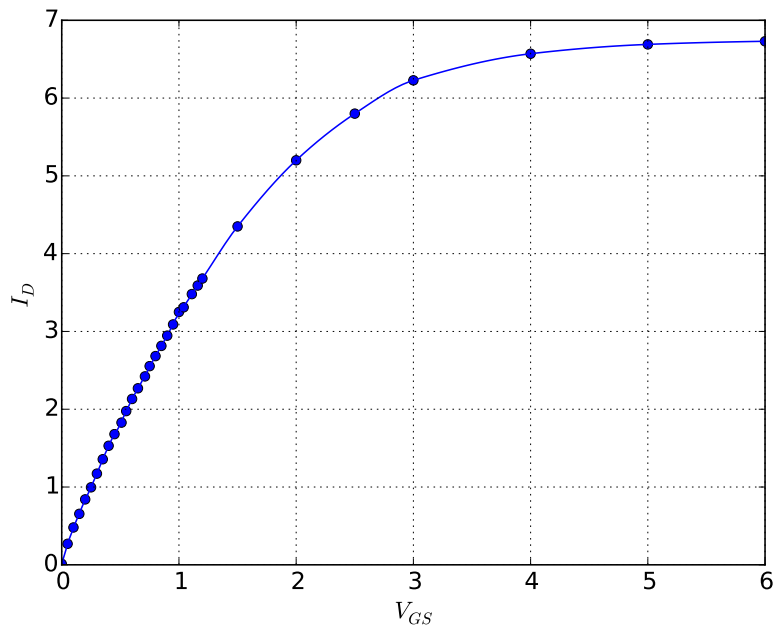
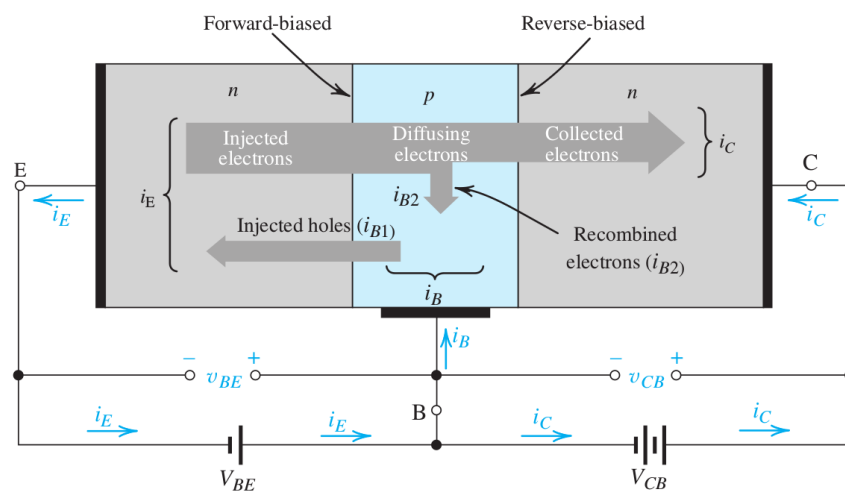


Figure 2

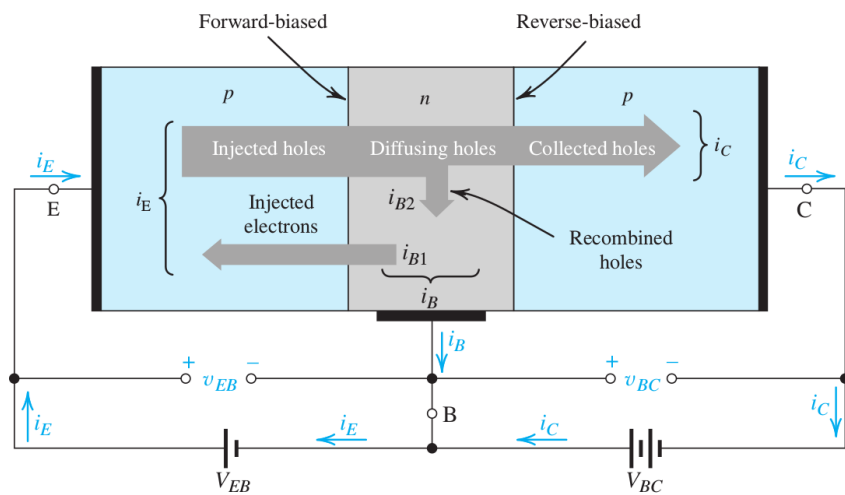
2 結報問題

1. 請畫出 BJT(NPN/PNP) 與 MOS(NMOS,PMOS) 元件物理結構圖。

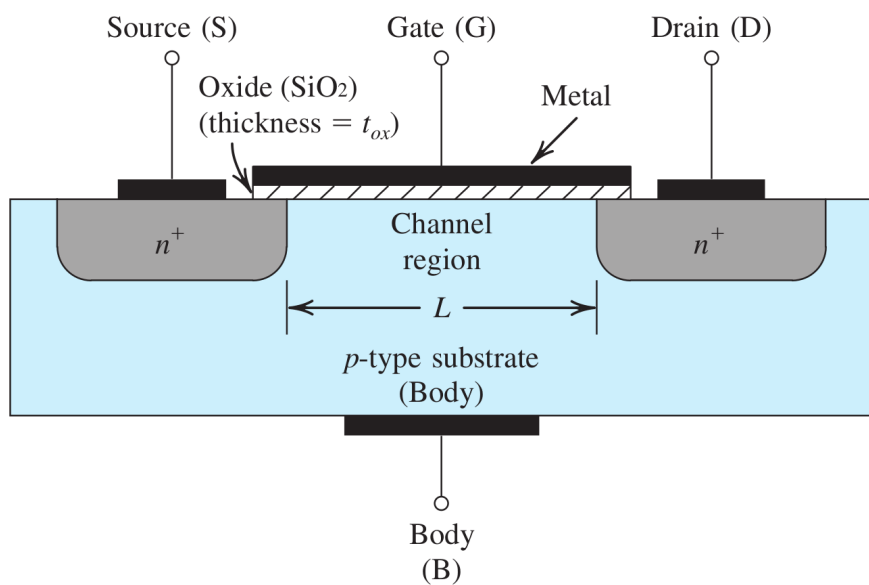
答：



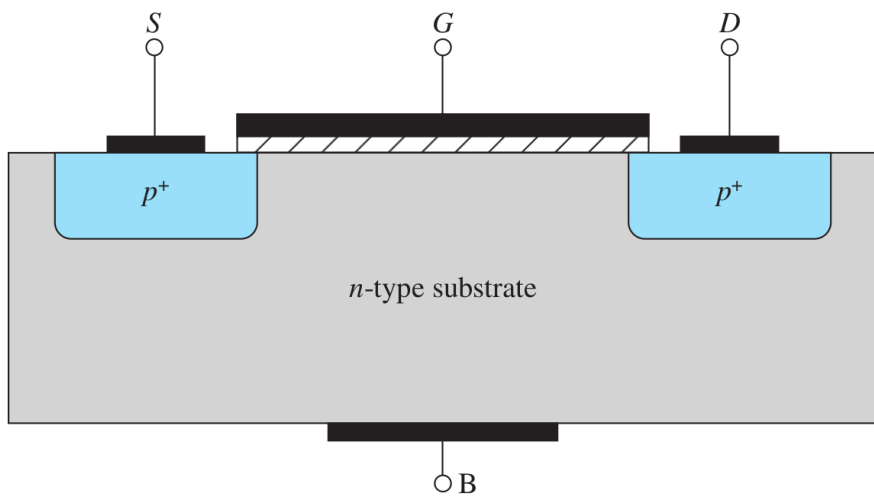
(a) BJT npn



(b) BJT pnp



(c) NMOS



(d) PMOS

2. 推導 PN diode 空乏寬度 W 與障壁電壓 V_0 。

答：

我們假設在空乏區中，電荷密度是均勻的，並且電荷密度只跟 x 座標有關 (因為 PN diode 是長形的)。我們可知

$$\begin{aligned}\nabla^2 V &= \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \frac{-\rho}{\epsilon_s} = \frac{qN_D}{\epsilon_s} \\ \Rightarrow V \Big|_0^{x_n} &= \frac{qN_D x^2}{2\epsilon_s} \Big|_0^{x_n} = \frac{qN_D x_n^2}{2\epsilon_s}\end{aligned}$$

同樣道理，

$$\Rightarrow V \Big|_{-x_p}^0 = \frac{qN_A x_p^2}{2\epsilon_s}$$

因此

$$V_0 = V \Big|_{-x_p}^{x_n} = \frac{qN_D x_n^2}{2\epsilon_s} + \frac{qN_A x_p^2}{2\epsilon_s}$$

同時因為元件是電中性，有

$$qAx_n N_D = qAx_p N_A \quad \Rightarrow \quad x_n N_D = x_p N_A = Z$$

$$\begin{aligned}V_0 &= \frac{qZ}{2\epsilon_s}(x_n + x_p) \\ &= \frac{qZ}{2\epsilon_s} \frac{1}{Z/N_A + Z/N_D} (x_n + x_p)^2 \\ &= \frac{q}{2\epsilon_s} \frac{1}{1/N_A + 1/N_D} W^2\end{aligned}$$

因此

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right) V_0}$$

另外由 Boltzmann distribution，可以知道電子分布的密度有下列關係

$$n \propto e^{-qV/(kT)} = e^{-V/V_T}$$

因此

$$N_D \approx n_n = n_p e^{(-V_0)/V_T} = n_p e^{V_0/V_T}$$

而由關係式

$$n_p = \frac{n_i^2}{N_A}$$

可以得出

$$\frac{N_D N_A}{n_i^2} = e^{V_0/V_T} \quad \Rightarrow \quad V_T \log \frac{N_D N_A}{n_i^2} = V_0$$

3. 請說明 BJT 與 MOS 的優缺點。

答：

- BJT

- 優點:
 - (1) 輸出阻抗小。
 - (2) 反應較快。
 - (3) 放大倍率較大，有較好的 Early voltage。
 - (4) 比較便宜。
- 缺點:
 - (1) 受溫度影響較劇烈。
 - (2) 消耗功率較大。

- MOS

- 優點:
 - (1) 體積較小。
 - (2) 接近無限大的 Gate 端輸入阻抗。
 - (3) 能做為較好的開關元件。
- 缺點:
 - (1) 反應速度慢。

4. 請說明為何 n-type 元件較常被使用。

答：因為電子的 mobility 較電洞來的大，因此 n-type 元件反應速度會較 p-type 元件快，阻抗與能量耗損也較小。

5. 請說明 CMOS 的優缺點。

答：

- 優點：消耗的功率較小。
- 缺點：有較大的電容效應，因此反應速度較慢。

6. 請說明 BiCMOS 的優缺點。

答：

- 優點：同時有 MOS 和 CJT 的功能。
- 缺點：在製程上較為困難，因此價格昂貴。

3 心得

這次的實驗本來以為很簡單，輕輕鬆鬆做。沒想到我旁邊的同學做一做，就覺得很奇怪，怎麼輸出的電流那麼大，於是就摸了一下 BJT 看看。沒想到一摸，手就被燙到了，哇哇慘叫。害的我們之後做實驗戰戰兢兢，電壓都不敢調太大。這個故事告訴我們實驗最好不要做太快，等你旁邊的人確定可以 work 不會出事在做...