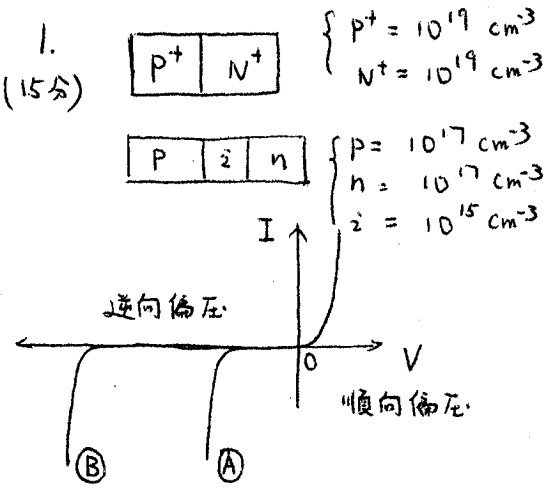
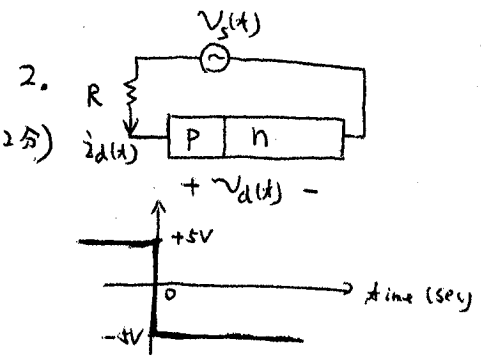
系所別：電機工程學系　乙組　科目：半導體元件

1. (15分)



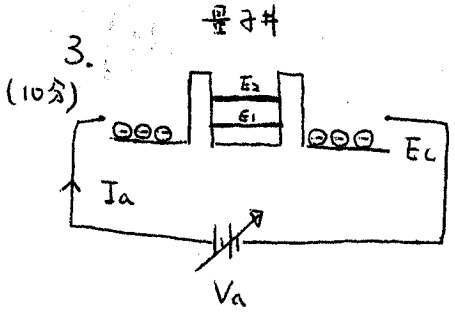
左圖有兩個 p-n 接面二極体，分別是 p^+-N^+ 及 p-i-n 的結構，今分別量測此二極体 I-V 特性，在逆向操作偏壓時，其崩潰的曲線是 Ⓐ 及 Ⓑ。請問 Ⓐ 及 Ⓑ 分別代表為那种 p-n 接面二極体？其二極体之崩潰（break down）機制有何不同，請分別加以說明？如果我需要一個可變电容器（varactor，亦即利用偏壓來改變接面電容值），我会使用那种 p-n 接面二極体？並說明原因。

2. (12分)

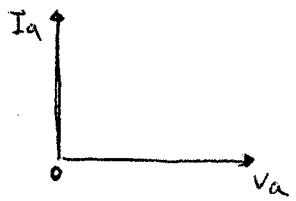


左圖之 p-n 接面，其外加电源 $V_s(t)$ 在 $t=0$ sec 時，由 +5V 變為 -5V，請畫出跨在二極体的电压 $V_d(t)$ 及电流 $i_d(t)$，隨著時間會有什麼變化，並解釋原因。

3. (10分)



左圖為一特別半導体結構之 E_C 圖，其在中間形成一量子井，而在井內形成兩個能階（E_1 及 E_2）。今外加一可变电压源 V_a，由 0V 往正偏压增加，請畫出 I_a 与 V_a 関係的作圖（如左圖），並說明原因。



4. (13分)

半導体很多的特性是由能隙（bandgap）所決定，其代表電子的能量是不能存在於能隙裏面，此能隙亦即所謂的能量不連續的特性是由什麼原因所形成？而能隙又分為直接能隙（direct bandgap，如 GaAs）及間接能隙（indirect bandgap，如 Si），請問何种能隙在電子電洞的產生及結合（generation and recombination）有著較高的效率並加以解釋。

注意：背面有試題

系所別: 電機工程學系　乙組　科目: 半導體元件

5. (5%) (a) Sketch the energy band diagram for the electrons in an NPN transistor for saturation.
(5%) (b) Why the base width an important dimension in the quality of a transistor?
(5%) (c) Write the Ebers-Moll equations for an NPN transistor.

6. Assume we have an MOS device that has silicon P substrate with $N_A = 10^{16}\ cm^{-3}$ and uses aluminum for the gate. The fixed charge $Q_f=5\times10^{10}$ qC/cm^2. $\varepsilon_{Si}=11.8\times8.85\times10^{-14}$ F/cm. $\varepsilon_{ox}=3.9\times8.85\times10^{-14}$ F/cm. KT/q=0.026V. The intrinsic concentration $n_i=1\times10^{10}\ cm^{-3}$, the energy gap $E_g=1.12$eV, and the affinity $q\chi_s=4.15$eV for silicon. The oxide thickness $t_{ox}=100\times10^{-8}$ cm. The work function $q\Phi_m=4.1$eV for aluminum.
(5%) (a) Determine the width of the depletion layer at the onset of strong inversion, W_m(cm)
(5%) (b) Determine the flatband voltage V_{FB} (V)
(5%)(c) Determine the threshold voltage V_T (V).

參考用

7. (10%) Compare the isolation processes used in the fabrication of the BJT and the MOSFET. Which one has the higher packing density? Sketch the cross-section view for (a) 2 isolated NPN BJT in the same P-substrate, (b) 2 isolated N-channel MOSFETs in the same P-substrate.

8. (10%) Use the device of Problem 6 to determine the required substrate bias that will increase the threshold voltage from V_{T0} to V_{T0}+0.5V, where V_{T0} is the original threshold voltage.