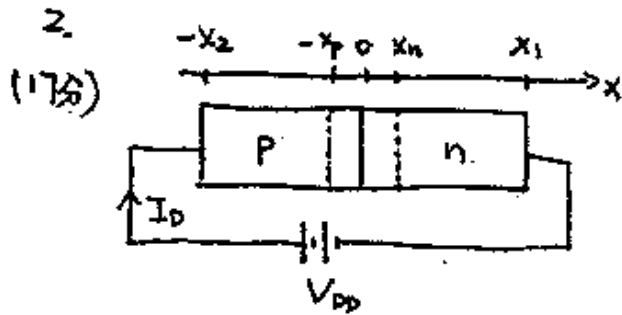


1. 去年諾貝爾物理獎得主中，有兩位的貢獻是在半導體量子元件的先驅研究工作。請問我們平常在討論半導體元件，都以電流、電子、電洞等粒子的觀念來探討，在半導體元件內什麼情況下我們會需要探討這些粒子的量子現象？量子現象會對元件的特性有何改變？請舉一例及說明你所熟悉的量子元件？並說明此量子元件與沒有量子現象的相同元件，在元件特性上有何改善？



左圖之 p-n 接面為順偏 (V_{00})，而流過接面的電流為 I_0 ， $-x_p \leq x \leq x_n$ 為空乏區。請利用 x 座標軸 ($-x_2 \leq x \leq x_1$)，定性地畫出少數載子在 x 軸的分佈？二極體內部的電流包括了電子流及電洞流，而電流的成因亦包括了漂移電流 (drift current) 及擴散電流 (diffusion current)，因此共有四種電流的成因 $I_{n,drift}$, $I_{n,diff}$, $I_{p,drift}$, $I_{p,diff}$ ，請畫出這四種電流在 x 軸上 ($-x_2 \leq x \leq x_1$) 變化情形，並加以說明？(hint: 在 x 軸上任一點，四種電流的總合必須為定值，即 I_0)

3. (17分) 請你設計一個光偵測器 (photodetector) 並給你以下的選擇
 材料: Si 或 GaAs
 製程: p^+n 接面或 $p-i-n$ 接面 (p^+ 代表 p 的濃度很高, i 代表沒有加雜質的 intrinsic (本質) 區域)
 若今你希望當光偵測器接收到一光子時，能夠產生數個以上的電子電洞對，你會選擇那種材料與製程，並說明原因？光偵測器有什麼需工作在逆向偏壓的條件下？
 若今你要一雜訊值很低的光偵測器，又會做何種選擇？

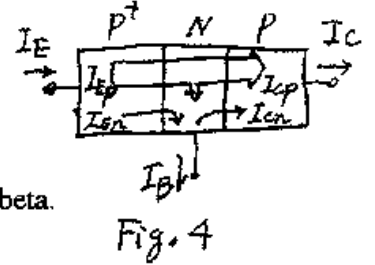
國立中央大學九十學年度碩士班研究生入學試題卷

所別: 電機工程學系 乙組 科目: 半導體元件 共 2 頁 第 2 頁

4. (10%) The following components of the currents have been determined as:

$$I_{E_n} = 2.712 \times 10^{-6} \text{ A}, \quad I_{E_p} = 0.678 \text{ mA}, \quad I_{C_n} = 9.4 \times 10^{-15} \text{ A}, \quad \text{and} \quad I_{C_p} = 0.6779 \text{ mA}.$$

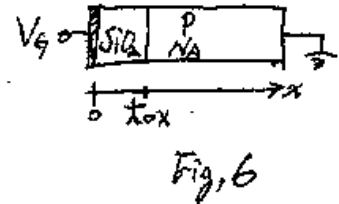
Determine: (a) the injection efficiency, (b) the transport factor, (c) alpha, and (d) beta.



5. (10%) Sketch the energy band diagram for the electrons in an NPN transistor for (a) thermal equilibrium and (b) saturation.

6. (10%) For a silicon P substrate doping $N_A = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ and at the onset of strong inversion, calculate:

- The width of the depletion layer.
- The charge density in the depletion layer.
- The electron density n_s at the surface.
- The threshold voltage.

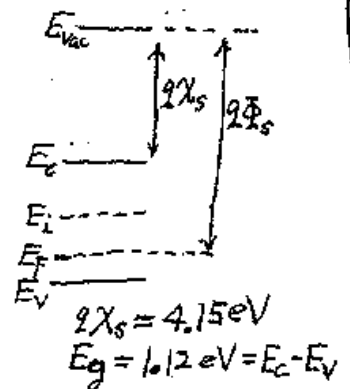
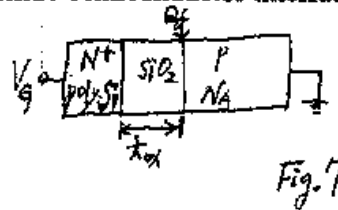


Given for silicon: $\epsilon = 11.8 \times 8.854 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$, and $n_i(300\text{K}) = 1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$.

Given for the oxide: $\epsilon_{ox} = 3.9 \times 8.854 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ and $t_{ox} = 90 \text{ Angstroms} = 90 \times 10^{-8} \text{ cm}$.

7. (10%) Determine the flatband voltage and the threshold voltage for an NMOS silicon device that has $N_A = 4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ and uses SiO_2 and an N^+ polysilicon gate, given the fixed charge at the oxide-semiconductor interface

$$Q_f = 8 \times 10^{-9} \text{ C/cm}^2, \quad t_{ox} = 200 \text{ Angstroms}.$$



參考圖

8. (10%) In Fig. 8, use $\epsilon = 11.8 \times 8.854 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$, $N_A = 4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $\phi_F = 0.4$

V_t , and $C_{ox} = 11.5 \times 10^{-3} \text{ F/cm}^2$. Determine the required substrate bias that will increase the threshold voltage from 0.78V to (a) 1.0V and (b) 1.2V.

$$\text{Given: } V_T = V_{FB} + 2\phi_F + \gamma \sqrt{2q\phi_F} \quad \text{where } \gamma = (1/C_{ox}) \sqrt{2eqN_A}.$$

