

# 106年公務人員特種考試警察人員、一般警察人員考試及106年特種考試交通事業鐵路人員、退除役軍人轉任公務人員考試試題

考試別：鐵路人員考試

等別：高員三級考試

類科別：電子工程

科目：半導體工程

一、假如一半導體均勻照光時有一均勻之載子產生速率 $G$ ，在穩態下，求半導體電導 $(\sigma)$ 之改變量 $\Delta\sigma$ 。(20分)

【擬答】

利用光導方法主要是量測載子生命週期 $\tau$ 的方法，當樣品均勻產生超量載子，造成導電係數增加。

首先平衡時電導率為 $\sigma_0 = n_0 q \mu_n + p_0 q \mu_p$

均勻照光時產生超量載子為 $\Delta n = \Delta p = G\tau$

則

$$n = n_0 + \Delta n$$

$$p = p_0 + \Delta p$$

因此照光後之電導率為

$$\sigma = nq\mu_n + pq\mu_p = (n_0 + \Delta n)q\mu_n + (p_0 + \Delta p)q\mu_p = \sigma_0 + \Delta\sigma$$

所以

$$\Delta\sigma = q(\mu_n + \mu_p) \times G\tau$$

二、對一純矽塊樣本，由一邊摻雜施體(donor)，其濃度分布為 $N_D = N_0 \exp(-ax)$ ， $N_D \gg n_i$ ，在平衡狀態下，推演內建電場 $E(x)$ 。若 $a = 1 \mu\text{m}^{-1}$ ，計算內建電場 $E(x)$ 。(n<sub>i</sub>為矽之本質濃度)。(20分)

【擬答】

此為漸變的雜質分佈

$$J_n = N_D(x)q\mu_n E + qD_n \frac{dN_D(x)}{dx} = 0 \Rightarrow E = -\frac{kT}{q} \times \frac{1}{N_D(x)} \frac{dN_D(x)}{dx}$$

$$= -\frac{kT}{q} \times \frac{1}{N_0 \exp(-ax)} \times (-a) \times N_0 \exp(-ax) = a \times \frac{kT}{q}$$

$$\text{其中 } \frac{dN_D(x)}{dx} = -aN_0 \exp(-ax)$$

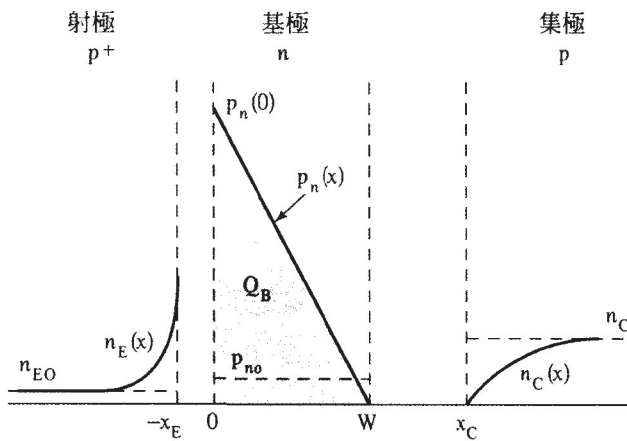
則

$$E(x) = \frac{1}{10^{-4}} \times 0.0259 = 2.59 \times 10^2 \text{ V/cm}$$

三、一操作在主動區之正負雙載子電晶體(p<sup>+</sup>-n-bipolar transistor)，畫出射極(emitter)、基極(base)、汲極(collector)區之少數載子分布圖。(20分)

【擬答】

主動模式下，B-E為順偏，B-C為逆偏，少數載子分布圖如下圖所示。



四、有兩個金氧半 (MOS) 元件除氧化層厚度不同外特性相同，高頻電容-電壓量測產生之電容最大值與最小值之比值為4與2，根據這些數據，計算氧化層厚度比。矽介電常數 $\epsilon_S$ 為 $11.9\epsilon_0$ ，氧化層介電常數 $\epsilon_{OX}$ 為 $3.9\epsilon_0$ ，真空之介電常數為 $\epsilon_0$ 。(20分)

【擬答】

高頻電容-電壓量測之最大值為累積區電容  $C_{OX} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}}$

最小值為氧化電容與最大空乏區電容之並聯，公式如下：

$$\phi_f = V_T \ln\left(\frac{N_B}{n_i}\right); x_{dT} = \left[\frac{4\epsilon_S \phi_f}{qN_B}\right]^{1/2}$$

$$C_{min} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox} + \left(\frac{\epsilon_{ox}}{\epsilon_S}\right) \times x_{dT}}$$

因此電容最大值與最小值之比值為  $\frac{C_{OX}}{C_{min}} = \frac{\frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}}}{\frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox} + \left(\frac{\epsilon_{ox}}{\epsilon_S}\right) \times x_{dT}}} = \frac{t_{ox} + \left(\frac{\epsilon_{ox}}{\epsilon_S}\right) \times x_{dT}}{t_{ox}}$

假設第一顆金氧半 (MOS) 元件厚度為  $d_1$ ，第二顆金氧半 (MOS) 元件厚度為  $d_2$ ，則

$$\frac{d_1 + \frac{3.9}{11.9} x_{dT}}{d_1} = 4 \Rightarrow 3d_1 = \frac{3.9}{11.9} x_{dT}$$

$$\frac{d_2 + \frac{3.9}{11.9} x_{dT}}{d_2} = 2 \Rightarrow d_2 = \frac{3.9}{11.9} x_{dT}$$

$$\therefore 3d_1 = d_2 \Rightarrow d_1 : d_2 = 1 : 3$$