

類 科：電子工程  
科 目：半導體工程  
考試時間：2小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器，須詳列解答過程。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

- 一、Si 的晶體結構為鑽石結構，是由兩個面心立方結構所組成的。面心立方結構的正立方體邊長，即晶格常數，為  $5.43 \text{ \AA}$ 。Si 的原子量為 28 克。求 Si 的鍵長、鍵角、原子濃度與密度。(15 分)
- 二、何謂近似自由電子模型 (nearly free electron model)？說明在此模型下電子能量  $E$  與波向量 (wave vector)  $k$  的關係、關係中所謂等效質量 (effective mass) 的物理意義。同時也說明  $E-k$  關係的非拋物線性 (non parabolicity)。(15 分)
- 三、一個陡峭 (abrupt)  $P^+N$  接面， $N_A = 10^{19}/\text{cm}^3$ 、 $N_D = 10^{17}/\text{cm}^3$ 。求內建電位 (built-in potential)，以及未外接偏壓時的空乏區寬度 (depletion width)。  $T = 300 \text{ K}$ ， $k_B = 8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$ ， $n_i = 1.45 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ ， $\epsilon_{\text{Si}} = 11.9$ ， $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ ， $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。計算空乏區寬度時可忽略 P 邊的空乏區。(20 分)
- 四、一個  $N^+PN$  雙極性電晶體，其射極與基極的雜質濃度分別為  $N_D$  與  $N_A$ ，電洞與電子的擴散長度分別為  $L_p$  與  $L_n$ ，基極中性區的厚度為  $W$ 。若電晶體處於順向作用區 (forward active)，基極中性區靠射極側的邊緣被注入的電子濃度為  $n_p(0)$ ，而靠集極側的電子濃度為  $n_{p0}$ 。假設電子的擴散長度  $L_n \gg W$ ，電子的復合生命期為  $\tau_n$ 、擴散係數為  $D_n$ 。說明電子在基極中性區的傳導過程、分布的形式，並求電子貢獻的集極電流密度  $J_C$  以及基極電流密度  $J_B$ 。(20 分)
- 五、說明離子佈植 (ion implantation) 的基本原理。以離子佈植植入雜質的方法與擴散法比較有何優點？離子佈植後為何需要熱處理？說明離子佈植的通道效應 (channeling effect)，舉出一種消除的方法。(15 分)
- 六、Si 的  $\text{SiO}_2$  熱成長可用 Deal-Grove 模型來描述： $t_{\text{ox}}^2 + A t_{\text{ox}} = Bt$ ，公式中  $t_{\text{ox}}$  為氧化層厚度、 $t$  為氧化時間、 $A$  與  $B$  為相關之參數。以  $1000^\circ\text{C}$  做乾氧成長時， $A = 0.165 \text{ }\mu\text{m}$ 、 $B = 0.0117 \text{ }\mu\text{m}^2/\text{hr}$ 。成長 10 小時，問  $\text{SiO}_2$  的厚度。若  $t_{\text{ox}} \gg A$ ，證明  $\text{SiO}_2$  的成長速率與  $t_{\text{ox}}$  成反比，並說明其物理意義。(15 分)