

半導体工学I 期末試験問題

平成 22 年 7 月 21 日 10:30-12:00

注意：答えの数値には単位をつけること。数値は有効数字ひとけた程度の概数で良いが、オーダー ($\times 10$ の何乗の量か) を間違えた場合大きく減点する可能性がある。計算の際、必要に応じ、以下の数値を使用せよ。

自然対数の底 $e = 2.7$ 、 $\log_e 10 = 2.3$

問題 1 (25)

強度 10 mW/cm^2 、波長 500 nm の単色光線を厚さ $1 \mu\text{m}$ の半導体の板に垂直に照射した。試料は均一であり、吸収係数 $\alpha = 10^4 \text{ cm}^{-1}$ とする。さらに界面での光の反射は無視できるものと仮定して以下の問いに答えよ。

- (1) 入射光の振動数 ν を求めよ。ただし、光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ とする。
- (2) 光子 1 個が持つエネルギーを求めよ。単位は eV で答えること。
- (3) 試料の単位面積に単位時間あたり照射される光子の個数を求めよ。
- (4) 試料を透過した光線の強度を求めよ。
- (5) 光の吸収によって試料の単位面積、単位時間あたりに生成される電子-正孔対の個数を求めよ。

問題 2 (25)

ドーピング濃度が 10^{16} cm^{-3} の n 型 Si と仕事関数 $\phi_m = 4.5 \text{ eV}$ の金属の接触について考える。ただし、Si の電子親和力 $\chi = 4 \text{ eV}$ 、バンドギャップエネルギー $\epsilon_g = 1.1 \text{ eV}$ 、真性キャリア濃度 $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ である。温度 $T = 300 \text{ K}$ とし、界面準位によるピンニング効果は無視できるものと仮定して以下の問いに答えよ。

- (1) Si 中のフェルミエネルギーと真性フェルミエネルギーの差 $\epsilon_F - \epsilon_i$ を求めよ。
- (2) Si と金属の接合面に現れる障壁のエネルギー高さ ϕ_b を求めよ。
- (3) Si と金属の接触前と接触後のエネルギーバンド図を描け (伝導帯の底と価電子帯の頂上を実線、フェルミエネルギーを破線、真空レベルを一点鎖線で示すこと)。
- (4) Si を接地し、金属に電位 V を与えた。この接合は整流性を示すが、 V の符号が正/負どちらの場合に順方向電流が流れるか答えよ。
- (5) Si を濃くドーピングすることで、逆方向バイアス時でも低抵抗なオーミック接触を形成することができる。このときの電気伝導機構を、エネルギーバンド図を用いて説明せよ。

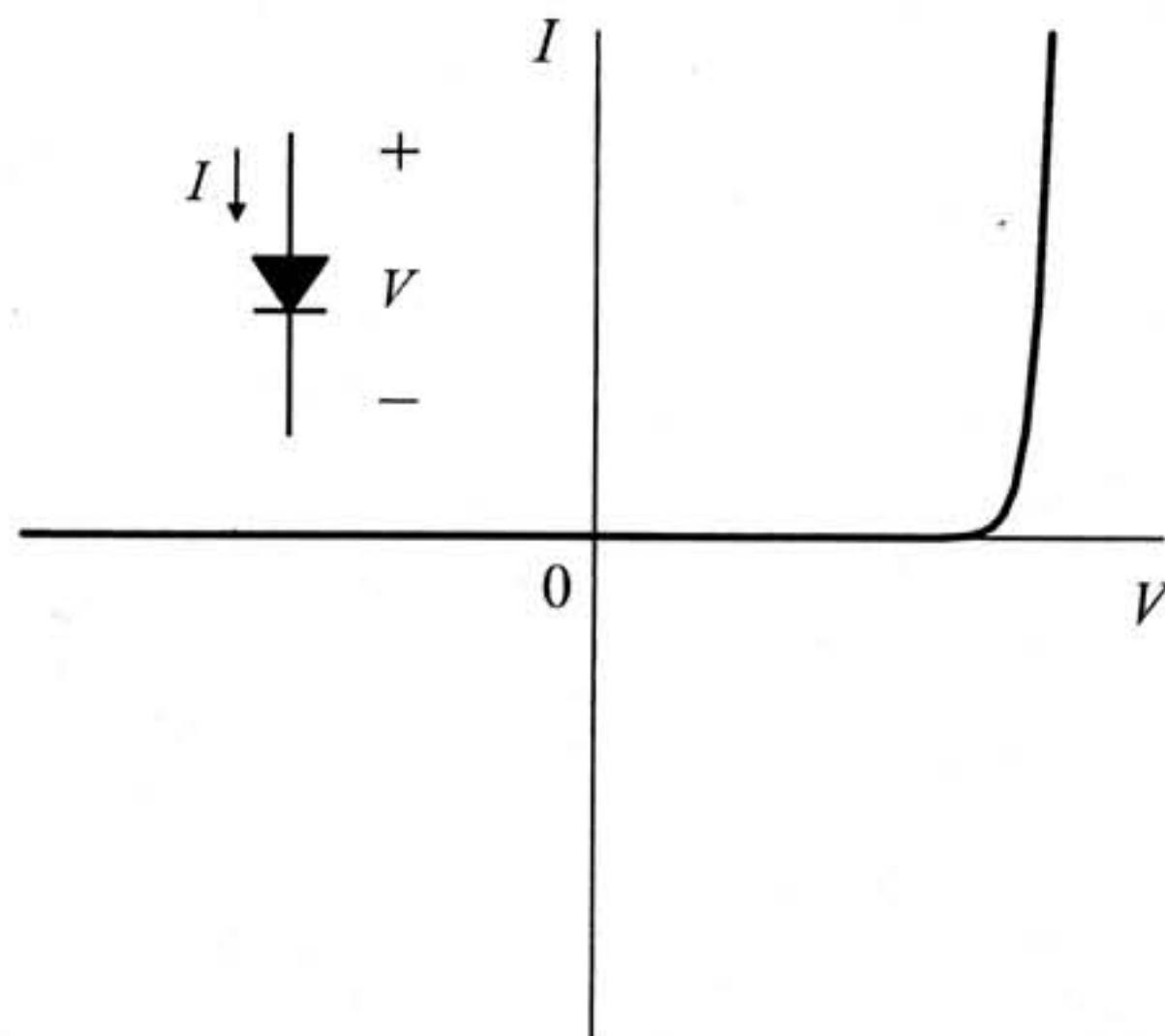
問題 3 (30)

Si 結晶でできている pn 接合について以下の問いに答えよ。ただし、温度は 300 K、ドナー濃度 $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、アクセプタ濃度 $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、真性キャリア濃度 $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ とする。

- (1) 印加電圧が $V = 0 \text{ V}$ の時、n 領域での正孔の濃度 p_n はいくらか。
- (2) 順方向に $V = 0.6 \text{ V}$ の電圧を加えた時、n 領域の遷移領域側の端での正孔濃度 p'_n はいくらになるか。
- (3) (2) の条件のとき、n 領域の遷移領域側の端を原点 ($x = 0$) として n 領域の十分奥深く ($x \gg L_p$ 、ただし L_p は正孔の拡散距離) に至るまでの正孔濃度の変化をグラフで示せ。さらに電流の流れる向きを図中に矢印で記入せよ。
- (4) (3) で描いた図において、 $x = L_p$ の位置における正孔濃度を求めよ。

問題 4 (20)

下図に示すような電流-電圧特性を持つ PN 接合に光を照射した。このとき以下の問いに答えよ。



- (1) 大きさ I_{photo} の光電流が発生しているとき、 $I - V$ 特性は上図からどのように変化するか、図を用いて説明せよ。
- (2) 光照射時の等価回路を示せ。
- (3) 受光しているダイオードが外部回路に対して電力を供給するための電圧領域について論ぜよ。