

半導体工学 I 試験

2012 年 7 月 25 日

問題 1 長さ 5 cm、断面積 0.5 cm^2 の直方体の n 型半導体試料の長さ方向の抵抗を測ったところ 100Ω であった。これについての以下の問いに答えよ (解答の数値は概数でよい。数値には単位をつけること)。

- (1) この半導体試料の抵抗率 ρ および導電率 σ を求めよ。
- (2) 伝導電子の密度が $n = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であるとき、移動度 μ はいくらであるか。($\sigma = ne\mu$ を用いてもよい。)
- (3) この半導体試料の長さ方向に 2.5V の電圧を印加すると、電子のドリフト速度はいくらとなるか。また、このとき流れる電流および電流密度はいくらであるか。
- (4) 半導体中の電子の有効質量を $m^* = 0.1m_0$ として、緩和時間 τ を求めよ。
(m_0 は電子の静止質量、 $\mu = e\tau/m^*$ である。)

問題 2 次の問いに答えよ。

- (1) pn 接合に電圧 V (順方向を正とする) を印加した時の電流・電圧特性 (I - V 特性) を表す式を示し、 I - V 特性を図示せよ。ただし、飽和電流を I_S とする。
- (2) 同種の半導体で構成される pn 接合 (拡散電位 V_{bi}) について p 電極に正の電圧を印加されている場合の、空乏層中の p 領域および n 領域のポアソンの式を示せ。ただし、p 領域、n 領域での電位を ϕ_1 および ϕ_2 として、p 領域のアクセプター密度を N_A 、ドナー不純物密度をゼロ、n 領域のドナー密度を N_D 、アクセプター密度をゼロ、素電荷を e 、誘電率 ϵ とする。また、不純物密度が、接合面で階段状に変化していると仮定する。
- (3) 同種の半導体で構成される pn 接合について、p 領域のアクセプター密度を N_A 、ドナー不純物密度をゼロとし、n 領域のドナー密度を N_D 、アクセプター密度をゼロ、真性電荷密度を n_i として、pn 接合の拡散電位 V_{bi} を求めよ。ただし、温度を T 、ボルツマン定数を k_B 、素電荷を e とする。
- (4) 同種の半導体で構成される pn 接合について、p 領域のアクセプター密度を N_A 、n 領域のドナー密度を N_D 、で、 $N_A \gg N_D$ のとき、拡散電位と N_D を実験的に求める方法を説明せよ。

問題3 pn 接合を利用したフォトダイオードに関する以下の問いに答えよ。

- (1) フォトダイオードのバンド構造を描いて、フォトダイオードの動作原理を説明せよ。
- (2) 強度 I_0 の単色光がこの素子に入射するとき、表面での光の反射を考えると、表面から距離 x の素子内部の点での光の強度は、 α を吸収係数、 R を反射率として、 $I(x)=(1-R) I_0 \exp(-\alpha x)$ と表される。この式から、光照射により生じる電流が $J_{\text{photo}} = e(1-R) I_0 [1 - \exp(-\alpha W)] / h\nu$ と表されることを示せ。ここで、 $h\nu$ は光子のエネルギー、 W は空乏層幅である。
- (3) 光が真空中から複素屈折率が N の領域^{領域} 垂直に入射する時、反射率は $|N-1|^2 / |N+1|^2$ で与えられることを示し、物質の比誘電率が $\epsilon=9$ の場合の反射率を求めよ。
- (4) (2) で与えた光電流の式を参考にして、フォトダイオードの効率を上げる方法を3つ以上挙げて、その理由を説明せよ。