

平成22年度半導体工学I試験問題 (杉野、青木、斗内)

(満点は150点であるが、100点以上は100点とする。ただし、配点は予定である。)

問題1 下記の問に答えよ。回答は選んだ問の番号に続けて書くこと。 (配点 各10点)

問1 pn接合について、境界面でドナー (n領域でドナー密度 N_D) とアクセプター (p領域でアクセプター密度 N_A) がステップ状に変化する階段接合を考える。n型とp型のそれぞれの領域で、電位 ϕ が満たすべきポアソンの式と境界条件を説明せよ。接合は1次元で考え、 x 方向のみを考えること。誘電率を ϵ 、電子の電荷量を e 、拡散電位を V_D 、順方向に電圧 V が印加されているとし、境界面は $x=0$ で、p領域は $x < 0$ で、空間電荷制限領域 (空乏層) は $-x_p$ (p型領域) から x_n (n型領域) とする。

問2 金属とn型半導体の仕事関数を、それぞれ Φ_M 、 Φ_S とする。今、 $\Phi_M > \Phi_S$ の時、半導体の拡散電位 V_D とショットキー障壁の高さ Φ_{SB} を求めよ。ただし、半導体の電子親和力を χ とする。注：拡散電位の高さは eV_D である。

問3 金属とn型半導体で構成するショットキー接合の金属側を正、半導体側を負として電圧 V を印加した。そのときのエネルギーバンド図を書け。但し、 V はショットキー障壁の高さ Φ_{SB} より低く、有限とする。

問4 金属とn型半導体で構成するショットキー接合において、拡散電位 V_D を実験的に求める方法を説明せよ。ただし、空間電荷層の厚さ d は、次式で与えられるとする。

$$d = \sqrt{\frac{2\epsilon}{eN_D}(V_D - V)^{1/2}} \quad (1)$$

ここで、 N_D はドナー密度、 V は印加電圧、 ϵ は誘電率、 e は電子の電荷量である。

問5 pn接合型太陽電池に、ある大きさの負荷を接続して電力を得る場合を考える。外部回路を短絡したときの電流を I_{sh} とし、飽和電流を I_s として、外部に流れる電流 I は次式で与えられる。

$$I = I_s \left[\exp\left(\frac{eV}{k_B T}\right) - 1 \right] - I_{sh} \quad (2)$$

ここで、 e は電子の電荷量、 k_B はボルツマン定数、 T は温度である。外部回路を開放したときの電圧 V_{op} を求めなさい。

問6 波長 λ nm の光子のエネルギー E (eV) は、 $E = 1240/\lambda$ で与えられる。波長 620nm の光が 1W のとき、光子数を求めよ。ただし、電子の電荷量は 1.6×10^{-19} C とする。

問7 下記の [] に適する語句を入れよ。

2 準位系で構成されるレーザーについて考える。準位間のエネルギー差に等しいエネルギーを持つ光が入射されると、[①] 吸収と [①] 放射がおこる。レーザー発振のためには、上の準位の電荷の数が、下位の準位より上回ることが必要で、この状態を [②] と言う。

問8 レーザー媒質の両端に反射係数 R_1 、 R_2 の反射鏡をおいて光共振器を構成した。光増幅媒質の長さを L 、増幅係数を g とするとき、レーザー発振の条件を求めよ。

問9 共振器長 $300\mu\text{m}$ のファブリペロー型 GaAs レーザーは室温で、約 $0.9\mu\text{m}$ の波長で発振する。縦モード間隔 $\Delta\nu$ を求めよ。ただし、GaAs の屈折率を 3.4、光速を $3\times 10^8\text{m/s}$ とする。

問10 問9 で縦モード間隔の波長差で求めよ。(単位を書くように。)

問題2

(配点 30点)

pn 接合の接合近傍で、不純物密度が直線的に変化する直線傾斜接合を考える空間電荷密度 ρ の分布が、次式で書けるときの、空間電荷制限領域の幅 d および静電容量 C を求めよ。

$$\rho = bx \begin{cases} x > 0, & \rho > 0 \\ x < 0, & \rho < 0 \end{cases}$$

ただし、pn 接合の拡散電位を V_D とし、順方向に電圧 V が印加され、半導体の誘電率を ϵ 、電子の電荷量を e 、pn 接合の境界面で $x=0$ とする。

問題3

(配点 20点)

電極間の距離 2mm 、幅 3mm 、厚さ $300\mu\text{m}$ の半導体光伝導セルがある。このセルに吸収係数 10cm^{-1} 、フォトン束 $10^{12}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ の光が照射されているときの導電率の増分 $\Delta\sigma$ を求めよ。ただし、フォトンエネルギーは半導体のエネルギーギャップより大きく、電子の電荷量 $1.6\times 10^{-19}\text{C}$ および $e^{-0.3}=0.74$ を用いよ。

$$\tau_n = 10^{-3}\text{s}, \mu_e = 100\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}, \mu_e \gg \mu_p$$