

半導体工学I 試験問題

平成 21 年 7 月 29 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。

問題 1

大きさが $\Delta x \times \Delta y \times \Delta z = 30\text{mm} \times 5\text{mm} \times 4\text{mm}$ の直方体の半導体試料の x 方向に 1.5V の電圧を加えたところ、 1mA の電流が流れた。試料は均一であるとして以下の問いに答えよ。

- (1) 試料を流れる電流密度 j 、試料中の電場の大きさ E を求めよ。オームの法則が成り立つとして、この試料の導電率 σ を求めよ。
- (2) 導電率 σ と緩和時間 τ 、キャリア密度 n 、有効質量 m^* 、素電荷 e の関係を表す式を記せ。 $n = 10^{15}\text{cm}^{-3}$ 、 $m^* = 0.1m_0$ (m_0 : 電子の静止質量) のとき、緩和時間はいくらになるか。
- (3) 移動度 μ と導電率 σ との関係を表す式を示し、移動度を求めよ。この移動度と (1) で求めた電界の値を用いて、試料中のキャリアのドリフト速度を求めよ。

問題 2

10 mW/cm^2 の強度を有する波長 500 nm の光が受光半導体素子に照射されている。以下の問いに答えよ。

- (1) この光線に含まれる光子 1 個あたりのエネルギーを計算せよ。
- (2) 単位時間・単位面積あたりに照射される光子の個数を計算せよ。
- (3) この光子を吸収するため必要なエネルギーギャップに関する条件を示せ。
- (4) 照射した全ての光子が受光素子内部で電子-正孔対を生成し、さらにそれらが全て外部に取り出されると仮定した場合、外部回路に流れる光電流密度（受光素子単位面積当たりの光電流生成量）を計算せよ。

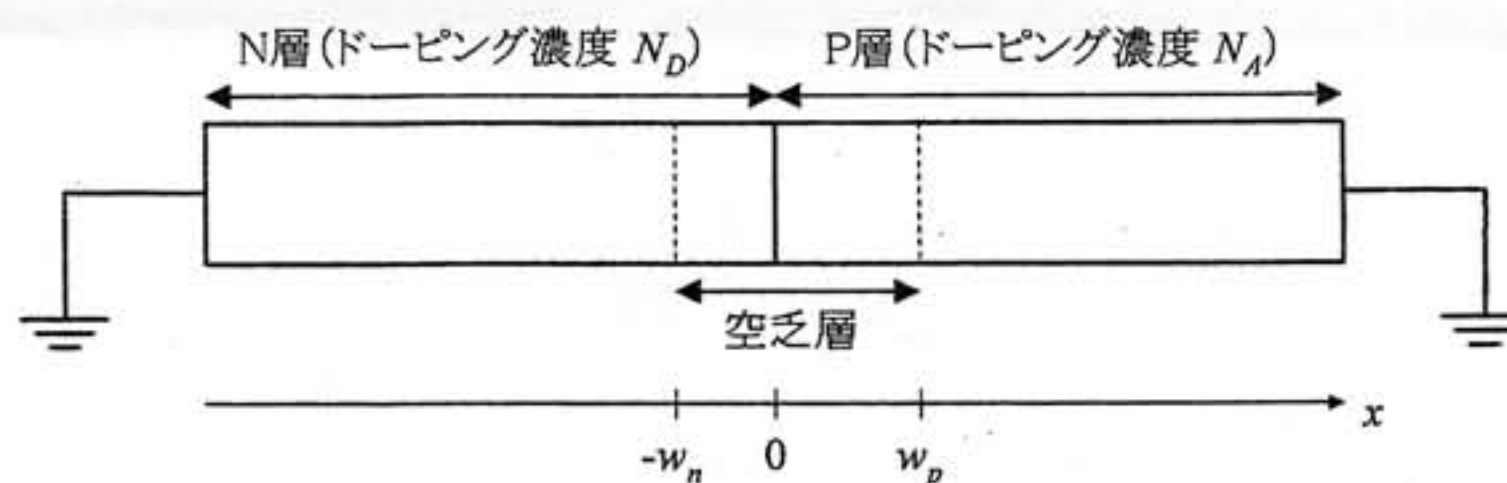
問題 3

以下の問いから 2 問を選択し、文章と絵を用いて簡潔に解説せよ。

- (1) 「トンネル効果」が半導体素子の特性に影響を与えている現象の例を 1 つ挙げよ。
- (2) PN 接合はなぜ整流特性を示すのか。
- (3) 金属／半導体接合（ショットキー接合）において、界面障壁エネルギーはどのような因子によって決まるか。
- (4) 光が照射されている太陽電池の $I - V$ 特性および等価回路について述べよ。

問題 4

下図に示すような PN 接合について、以下の問いに答えよ。ただし、誘電率 ϵ_s 、素電荷 e 、熱電圧を $k_B T / e$ とする。



- (1) $0 \leq x \leq w_p$ の領域における電位分布 $V(x)$ について、Poisson 方程式および境界条件を示せ。ただし、空乏層中のキャリア濃度はゼロと仮定し、電位の基準は自由に決めてよい。
- (2) (1) で立てた微分方程式を解き、電位分布 $V(x)$ ($0 \leq x \leq w_p$) を w_p を用いて表す式を導出せよ。
- (3) (2) の結果を参考に、電位分布 $V(x)$ ($-w_n \leq x \leq 0$) を示せ。
- (4) 電気的中性条件を考慮したとき、 N_D 、 N_A 、 w_n 、 w_p の間に成り立つ関係式を示せ。
- (5) 空乏層幅 w ($= w_n + w_p$) を拡散電位 V_{bi} ($= V(-w_n) - V(w_p)$) の関数として表す式を導出せよ。
- (6) P 層と N 層の中性領域における電子濃度をそれぞれ n_p 、 n_n とする。これらの量と拡散電位 V_{bi} との間に成り立つ関係式を示せ。