

試験日	月 日 限	科目	半導体工学	クラス	担当者	松浦 秀治	年次	学生番号	氏名
-----	-------	----	-------	-----	-----	-------	----	------	----

教務課控

年次, 学生番号, 氏名は2箇所記入すること。

平成22年度 後期 試験問題

(1 枚目・ 1 枚中)

大阪電気通信大学

試験日	月 日 限	科目	半導体工学	クラス	担当者	松浦 秀治	年次	学生番号	氏名	
参照・持込等許可条件	A. 一切不可						問題回収	する・しない	解答用紙の別紙使用枚数	1 枚

解答における注意事項

導き出せと書かれている問題では、必ず答えを導き出す過程を詳しく書くこと。

答えだけの場合、正解でも零点とする。

答えが間違っている場合、導出過程が正しいところまでの点数を加算する。

問題1 **p型半導体**について、以下の問いに答えよ。

- 1-1 エネルギーバンド図(エネルギー帯図)を描け。価電子帯(E_V)、フェルミ準位(E_F)、伝導帯(E_C)の位置を正確に示すこと。
- 1-2 電子密度(n)を、伝導帯の有効状態密度(N_C)を用いた式で表せ。
- 1-3 正孔密度(p)を、価電子帯の有効状態密度(N_V)を用いた式で表せ。

問題2 **n型半導体**の電子密度の温度依存性のグラフ($n(T)-1/T$)を描け。また、それぞれの温度領域の名前をグラフ中に示し、それに対応するエネルギーバンド図を、電子と正孔、およびドナーの電荷の状態を含めて描け。

問題3 断面積が S [m²]である棒状の**n型半導体**がある。半導体中の電界は、棒方向に一様で、大きさが E [V/m]であるとき、この半導体中に流れるドリフト電流を、**電流の定義から導き出せ**。ただし、用いた記号には説明をつけること。

問題4 **n型半導体**(仕事関数 ϕ_s 、電子親和力 χ_s)と金属(仕事関数 ϕ_m)とを接触させる。ただし、 $\phi_m > \phi_s$ とする。

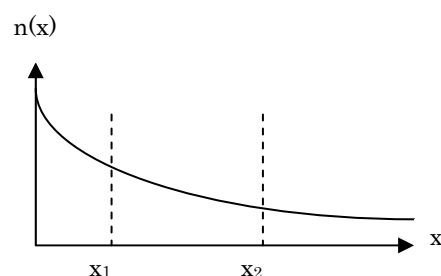
- 4-1 接触前の半導体と金属のエネルギーバンド図を示せ。ただし、 ϕ_s 、 χ_s 、 ϕ_m を図中に示すこと。
- 4-2 接触後のエネルギーバンド図を示せ。
- 4-3 金属側に負の電圧を印加した場合のエネルギーバンド図を示せ。
- 4-4 この接触の電流-電圧特性を説明せよ。

問題5 **p型半導体**のショットキー障壁ダイオードの半導体側に電圧 V を印加した時の接合容量を考える。ただし、半導体のアクセプタ密度を N_A 、比誘電率を ϵ_s 、拡散電位を V_d とし、半導体側に正電圧を印加した時を $V > 0$ とする。

- 5-1 $V < 0$ の時のエネルギーバンド図を描け。
- 5-2 空乏層中の電位および電界を求めるために必要な方程式および境界条件をすべて示せ。
- 5-3 印加電圧 V のときの空乏層幅を**導き出せ**。
- 5-4 印加電圧 V のときの接合容量を**導き出せ**。

問題6 pn接合の電流-電圧特性を考える。ただし、エネルギーバンド図(エネルギー帯図)には、必ず E_V (価電子帯上端)、 E_C (伝導帯下端)、 E_F (フェルミ準位)を示すこと。また、 q は電子の電荷、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度である。

- 6-1 印加電圧が0Vのときのpn接合のエネルギーバンド図を描け。
- 6-2 n側に正電圧を印加したときのpn接合のエネルギーバンド図を描け。
- 6-3 右図に示すように、p側での電子(少数キャリア)の拡散について考える。 $n(x)$ は電子密度を示す。



- 6-3-1 電子の移動する方向は、 x が正の方向か負の方向か?
- 6-3-2 電流の流れる方向は、 x が正の方向か負の方向か?
- 6-3-3 点 x_1 と点 x_2 での電子の拡散電流の大きさは、どちらの方が大きいか?
- 6-3-4 拡散係数を D_e とし、 $n(x)$ を用いて、電子の拡散電流密度 $J_e(x)$ を表せ。ただし、電流の値が正のとき、電流は x が正の方向に流れる。

6-4 p側における定常状態での電子の拡散方程式は

$$D_e \frac{d^2 n(x)}{dx^2} = \frac{n(x) - n_0}{\tau_e}$$

である。ただし、 n_0 はp側における熱平衡状態での電子密度、 τ_e は電子の寿命、右上図の $x=0$ がp側の空乏層端、 $x \geq 0$ をp層とし、p層は無限に長いとする。また、p側に正電圧 V を印加したときの $x=0$ での電子密度は以下のように与えられる。

$$n(0) = n_0 \exp\left(\frac{qV}{kT}\right)$$

- 6-4-1 pn接合から十分に離れたp側の点(ここでは $x = \infty$)での電子密度 $n(\infty)$ を示せ。
- 6-4-2 これらの境界条件を用いて、p側($x \geq 0$)での電子密度 $n(x)$ を**導き出せ**。
- 6-4-3 p側での電子による拡散電流密度 $J_e(x)$ を**導き出せ**。
- 6-4-4 p側($x \geq 0$)での $J_e(x)$ の最大値を**導き出せ**。

解答は、解答用紙1枚(表、裏)に収まるように書くこと。