

試験日	1月28日4限	科目	基礎半導体工学	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19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	1月28日4限	科目	基礎半導体工学	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 <input type="radio"/> しない <input checked="" type="radio"/>	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** n型半導体について、以下の問いに答えよ。

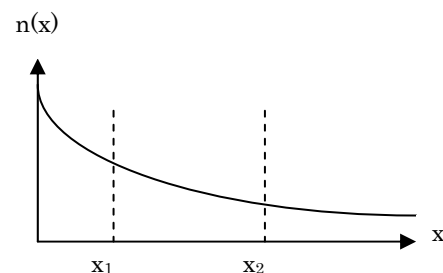
- 1-1 エネルギーバンド図(エネルギー帯図)を描け。価電子帯( $E_V$ )、フェルミ準位( $E_F$ )、伝導帯( $E_C$ )の位置を正確に示すこと。
- 1-2 電子密度( $n$ )を、伝導帯の有効状態密度( $N_C$ )を用いた式で表せ。
- 1-3 正孔密度( $p$ )を、価電子帯の有効状態密度( $N_V$ )を用いた式で表せ。

**問題2** n型半導体の電子密度の温度依存性のグラフ( $\ln n(T) - 1/T$ )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、フェルミ準位、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  $S$  [ $\text{m}^2$ ]である棒状のp型半導体がある。半導体中の電界は、棒方向に一樣で、大きさが  $E$  [ $\text{V/m}$ ]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** 右図に電子密度の場所依存性  $n(x)$  を示す。

- 4-1 電子の移動する方向は、 $x$ が正の方向か負の方向か?
- 4-2 電流の流れる方向は、 $x$ が正の方向か負の方向か?
- 4-3 P点( $x = x_1$ )とQ点( $x = x_2$ )での電流の絶対値を考えたとき、どちらの点の方が大きいか?
- 4-4 電子の拡散電流  $J_n(x)$  を導き出せ。ただし、電流は  $x$ が正の方向を正とし、用いた記号には説明をつけること。



**問題5** n型半導体(仕事関数  $\phi_s$ 、電子親和力  $\chi_s$ )と金属(仕事関数  $\phi_m$ )とを接触させる。ただし、 $\phi_m > \phi_s$ とする。

- 5-1 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、 $\phi_s$ 、 $\chi_s$ 、 $\phi_m$ を図中に示すこと。
- 5-2 接触後のエネルギーバンド図を示せ。
- 5-3 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。
- 5-4 この接触の電流-電圧特性を説明せよ。

**問題6** 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  $\epsilon_s$ 、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。

- 6-1 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。
- 6-2 印加電圧  $V$  のときの空乏層幅を導き出せ。
- 6-3 印加電圧  $V$  のときの接合容量を導き出せ。
- 6-4 実験で接合容量-電圧 ( $C-V$ ) 特性を測定した。この測定データ ( $V$ 、 $C$ ) を用いて、アクセプタ密度と拡散電位をグラフから求める方法について述べよ。

**問題7** pn接合ダイオードについて考える。エネルギーバンド図には、必ず価電子帯( $E_V$ )、フェルミ準位( $E_F$ )、伝導帯( $E_C$ )を示すこと。

- 7-1 印加電圧が  $0\text{V}$  のときのエネルギーバンド図を描け。
- 7-2 p側に正電圧  $V$  を印加したときのエネルギーバンド図を描け。
- 7-3 正孔の連続の方程式は、

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{p - p_0}{\tau} - \frac{1}{q} \cdot \frac{\partial J_p}{\partial x}$$

で表せる。左辺、右辺の第1項と第2項が意味するところを述べよ。

- 7-4 連続の方程式から、正孔の拡散方程式を導き出せ。(上記の式中で  $J_p$  を用いないで、 $p$  を用いた式)
- 7-5 n側での正孔による拡散電流を、問7-2で答えた図と問7-4で求めた式を用いて考える。ただし、n側は無限に長い。
  - 7-5-1 定常状態での拡散方程式を導き出せ。
  - 7-5-2 n側の空乏層端( $x = x_n$ )での正孔密度を求めよ。(これは、境界条件となる。)
  - 7-5-3 接合から十分に離れたn側の点(ここでは  $x = \infty$ )での正孔密度を求めよ。(これは、境界条件となる。)
  - 7-5-4 n側 ( $x_n \leq x < \infty$ )での正孔密度  $p(x)$  を導き出せ。
  - 7-5-5 n側での正孔による拡散電流  $J_p$  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。