固体電子論　平成２９年度期末試験

学籍番号		プログラム		氏名	

筆記用具、時計、以外のものは机上においてはいけない。
この問題用紙を無断でＷＥＢ等の媒体により不特定多数に公開する行為を禁止する。
数値計算問題で最後に平方根が残る場合にはそのままでもよい。　基礎物理定数は以下の値を用いること。

電子の静止質量 $m_e = 9.11\times10^{-31}$ kg，素電荷 $e = 1.60\times10^{-19}$ C，
真空の誘電率 $\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}$ $C^2N^{-1}m^{-2}$ (F/m)，ボルツマン定数 $k_B = 1.38\times10^{-23}$ J/K

1 p 型半導体の表面に光照射により少数キャリアである電子を注入する。電子の再結合寿命を $\tau_n = 10^{-6}$ s、電子の移動度を μ_n =1.0 x 10^{-2} m^2/Vs（T=300 K）として、電子の拡散長 ℓ_n を計算せよ。

2 Si 中の誘電緩和時間が極めて短い（例えば ps 程度のオーダー）ことを、典型的なパラメータを用いて示せ（計算せよ）。なお、Si の比誘電率は 12 とせよ。

3 ある n 型 Si の電子密度は 1.0x10^{23} m^{-3} であるとき、正孔密度はいくらか。
ただし真性キャリア密度を 1.5x10^{16} m^{-3} であるとする。

4 不純物ドープ半導体のキャリア密度は温度によって変化し、そのグラフにはいくつかの特徴的な領域が現れる。
キャリア密度の温度依存性を図示し、各領域におけるキャリアの振る舞いを定性的に説明せよ。
（キーワード：真性キャリア、多数・少数キャリア、熱励起、不純物準位、価電子帯、伝導帯、不純物濃度、、、、）

5　以下の括弧【　　】内（空欄）に適当な文字を入れよ。（or）とあるところは括弧内から適当なものを選べ。また、問に答えよ。

p 型半導体と n 型半導体を理想的な状態で接合させる（pn 接合）。接合させた瞬間には、界面においてキャリア濃度が不連続であるため、n 型領域で【①　　】キャリアである電子が n 型領域から p 型領域に、p 型領域で【①】キャリアである正孔が p 型領域から n 型領域に向かって【②　　】する。しかし全体の濃度が一定になるまでは【②】しない。例えば p 型領域では、もともと中性だったところから正孔が流れ出て【　③（正 or 負）　】に帯電してしまうため、この帯電を元（中性）に戻そうとする力が働く。すなわち、キャリアを押し戻そうとする方向に【④　　】が生じて、それによる力が働く。結果として【②】によって n 型領域から p 型領域に移動する電子の流れと、【④】によって生じる p 型領域から n 型領域への電子の流れが等しくなり、【⑤　　】状態に達する。n 型領域でもこれと同じことが起こる。

問１：p 型半導体と n 型半導体を接合させる。十分な時間が経過した後（熱平衡状態）の界面近傍のエネルギー帯図の概略を示せ。価電子帯端（E_V）、伝導帯端（E_C）、フェルミ準位（E_F）、真性フェルミ準位（E_i）を図中に記すこと。拡散電位、空乏層など、pn 接合で現れる特徴的な物理量も書き入れよ。

問２：pn 接合ダイオードの典型的な電流電圧特性の概要図を描け。なお、逆方向飽和電流は逆方向電圧を大きくしてもある閾値電圧までは一定である。その理由も述べよ。

6　以下の括弧【　　】内に適当な文字を入れよ。

（1）p 型半導体では多数キャリアは【　　】、少数キャリアは【　　】である。

（2）Si に P を不純物として添加すると、この不純物は【　　】準位を作り、Si は【　　】型半導体となる。また、B を不純物として添加すると【　　】準位を作り、Si は【　　】型半導体となる。

7　この授業で何を勉強し、何をどの程度身につけたか？「秀・優・良・可・不可」の評語（自己評価）とともに述べよ。
また、この授業全体の感想があれば記してください。