半導体工学・演習

担当　松浦

試験日２０１３年7月１7日

年次　　　　学生番号　EE　　　　氏名

問題A　7月10日から今日までに、半導体工学の勉強を何時間しました。
該当する記号に丸をつけなさい。
A.全くしていない　B.30分以下、　C.30分から2時間以下　D.2時間以上

問題B　7月12日3限のオフィスアワーについて尋ねます。
a.参加していない　b.小テストだけはもらった　c.半導体工学について質問をした

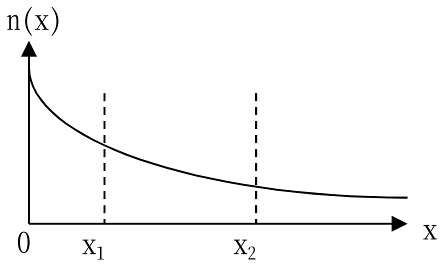
問題１　pn 接合の電流－電圧特性を考える。

p 側における定常状態での電子の拡散方程式は

$$D_\mathrm{e}\frac{\mathrm{d}^2 n(x)}{\mathrm{d}x^2}=\frac{n(x)-n_0}{\tau_\mathrm{e}}$$

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、右図の $x=0$ が p 側の空乏層端、$x\geq 0$ を p 側とし、p 側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。

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



1-1　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。

十分に離れたところではもともとの半導体の熱平衡状態であるから、

$$n(\infty)=\mathrm{n}_0$$

となる。

1-2　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<u>導き出せ</u>。

電子の拡散方程式を変形すると

$$\frac{\mathrm{d}^2 n(x)}{\mathrm{d}x^2}=\frac{n(x)-n_0}{D_\mathrm{e}\tau_\mathrm{e}}$$

となり、$\mathrm{y}=n(x)-n_0$ と置くと

$$\frac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}x^2}=\frac{y}{D_\mathrm{e}\tau_\mathrm{e}}$$

と表される。この微分方程式の一般解を求めると

$$y=C_1\exp\left(-\frac{x}{\sqrt{D_\mathrm{e}\tau_\mathrm{e}}}\right)+C_2\exp\left(\frac{x}{\sqrt{D_\mathrm{e}\tau_\mathrm{e}}}\right)$$

となる。したがって、境界条件より

$$n(x)-n_0=n(0)\exp\left(-\frac{x}{\sqrt{D_\mathrm{e}\tau_\mathrm{e}}}\right)$$

$$n(x)-n_0=n_0\left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right)-1\right]\exp\left(-\frac{x}{\sqrt{D_\mathrm{e}\tau_\mathrm{e}}}\right)$$

となる。

1-3　p 側での電子による拡散電流密度 $J_\mathrm{e}(x)$ を<u>導き出せ</u>。

$$J_\mathrm{e}(x)=qD_\mathrm{e}\frac{\mathrm{d}n(x)}{\mathrm{d}x}=-\frac{qD_\mathrm{e}n_0}{\sqrt{D_\mathrm{e}\tau_\mathrm{e}}}\left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right)-1\right]\exp\left(-\frac{x}{\sqrt{D_\mathrm{e}\tau_\mathrm{e}}}\right)=-qn_0\sqrt{\frac{D_\mathrm{e}}{\tau_\mathrm{e}}}\left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right)-1\right]\exp\left(-\frac{x}{\sqrt{D_\mathrm{e}\tau_\mathrm{e}}}\right)$$

1-4　p 側（$x\geq 0$）での $J_\mathrm{e}(x)$ の最大値を<u>導き出せ</u>。

最大値は $x=0$ の時になるので、

$$J_\mathrm{e}(0)=-qn_0\sqrt{\frac{D_\mathrm{e}}{\tau_\mathrm{e}}}\left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right)-1\right]$$

である。