**電子デバイスフォトニクス工学　5月18日の課題　（ILIASでアップロード）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 学籍番号 | 20315784 | 氏名 | 佐藤凌雅 | 作成日 | 令和　　2年　　５月　　２２日 |

課題１

本文

金属と半導体の界面を*x* = 0として半導体方向が正となるように軸をとり，空間電荷層の厚さ*d*を求める．この時，各記号を次のように定める．

*Nd*：ドナーのドーピング密度

*V*：ドナーの半導体内の電位

*Vbi*：内蔵電位

*E*：ドナーの半導体内の電界

*q*：電荷

*ε*：半導体層の誘電率

*ρ*：抵抗率

境界条件：

図1 問題の整理

これらの条件を整理すると図1のようになる．

ポアソンの方程式は

と表される．今回はxの一次元で考えるので，次のように置き換えられる．

抵抗率 *ρ* は*ρ*=­*qNd*となる．これをポアソンの方程式に代入すると以下の式が得られる．

ここで， であるから，

*x* = 0の時*E* = 0より, を積分して電界*E*を求める．

ここで，電位*V*の定義は以下の通りである．

これに先ほど求めた*E*を代入して電位*V*を求める．

ここで，*x* = *d*の時の内蔵電位*Vbi*を考える．

境界条件 *V* = *Vd* – *Vbi* (*x* = *d*) より*Vbi* = *Vd* – *V* (*x* = *d*)

よって，空間電荷層の厚さ*d*は

--------------------------------------------------------------------------------------

課題２

　ドナーをドーピングした半導体の温度を上昇させていくと，キャリア密度は温度に依存して変化する．ｎ型半導体のキャリア密度の温度依存性のグラフを図2に示す．グラフの縦軸は導電率 σ の対数をとった値，横軸は温度 T 逆数 1 / T となっている．グラフからもわかるように，この導電率 σ の変化は加えられた温度によって3つの領域に分けることができる．

（3）真性領域

（1）不純物領域

（2）飽和領域

（1）不純物領域

低温の場合、価電子帯に比べて伝導帯の準位に近いドナー準位にある電子が伝導帯へ励起される。しかし価電子帯の電子は伝導帯に励起するだけのエネルギーを受け取ることができないので励起することができない。この領域は不純物領域と呼ばれる．この領域では電子濃度の対数を取った値（ ln(σ) ）は温度の逆数 1 / T に比例する．その傾きは負で大きさは - (Ec – Ed) / 2ｋ である（ｋはボルツマン定数）．つまり，この領域では温度上昇によって伝導帯に熱励起される電子の数が増加する．

図2 n型半導体のキャリア密度の温度特性

（2）飽和領域

不純物イオン領域よりさらに温度を上昇させるとドナー準位にある電子は伝導帯に出尽くす。しかし価電子帯の電子はまだ伝導帯に励起するだけのエネルギーを受け取ることができない。このような領域は飽和領域と呼ばれる． この領域では μ が格子散乱の影響を受けて温度上昇とともに減少するので,導電率が温度上昇とともに減少する．半導体は一般に温度上昇すると導電率は増加するとされているが，この領域では導電率が温度上昇とともに減少がみられる．言い換えると，この領域に限り，半導体は金属的な電気抵抗特性を示しているとも言える．また，ドナー準位にある電子が伝導帯に出尽くすことを 「出払っている」 状態と捉え，この飽和領域を 「出払い領域」 と呼ぶこともある．

（3）真性領域

飽和領域よりもさらに温度を上昇させていくと価電子帯の電子は伝導帯に励起が可能となるほどのエネルギーを受け取り励起する。この領域を真性領域という。この領域不純物領域と同様に，電子濃度の対数を取った値（ ln(σ) ）は温度の逆数 1 / T に比例する。その傾きは負で大きさはバンドギャップを 2k で割った値 - Eg / 2k である。つまりこの領域では温度上昇によって伝導帯に熱励起される電子の数は増加する．なお，その増加量は不純物領域よりも大きい．