

1. 不純物半導体の真性領域, 出払い領域, 不純物領域について説明してください

真性領域とは温度が十分高くなることで, 半導体内部に存在する不純物のキャリアの寄与よりも, 熱によって生成される電子と正孔の数が支配的になる領域のことである。この領域では不純物が添加されていたとしても, その影響はほとんど無視できるほど真性キャリアが多くなり, 結果的に半導体は真性半導体と同じような性質を示す。

出払い領域は低温の場合で, ドナー準位にある電子は伝導帯に出尽くすが, 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。この領域では電子濃度は温度に関わらず一定となる。

不純物領域は極低温の場合で, 価電子帯に比べて伝導帯の準位に近いドナー準位にな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しない。この領域では電子濃度の対数を取った値は温度の逆数に比例し, 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。

2. 不純物領域にある p 型半導体の正孔濃度 p をボルツマン定数, プランク定数, 正孔有効質量, 温度, アクセプタの活性化エネルギーなどを用いて表してください。

$$p \approx 2 \left(\frac{2\pi m_h^* k_B}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} T^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{E_A}{2k_B T}}$$

3. p 型半導体のアクセプタ活性化エネルギーはどのように求めることができるか考えてください

2 の式より以下のことが成り立つ

$$p \approx e^{-\frac{E_A}{2k_B T}}$$

この式を変形すると

$$\ln(p) = -\frac{E_A}{2k_B T}$$

k_B はボルツマン定数より, $\ln(p)$ は温度の逆数に比例することが分かる。これより, p 型半導体の正孔濃度(導電性)の対数と温度の逆数の関係をグラフで表すと直線の形となり, その傾きからアクセプタ活性化エネルギーを求めることができる。