

1. 下の半導体に関するもので正しいものには○を, 間違っているものには×を回答欄に付けよ.

No.	半導体に関する文章	回答
(1)	温度が上昇すると抵抗が小さくなる.	○
(2)	真性半導体の不純物密度はほぼゼロである.	○
(3)	Si に P を加えると真性半導体になる.	×
(4)	シリコン単結晶の原子間の結合は共有結合である.	○
(5)	価電子帯の電子が伝導帯に移る現象を再結合と呼ぶ.	×
(6)	抵抗率は不純物の量により変化する.	○
(7)	半導体中の電子はどのようなエネルギーの値もとることができる.	×
(8)	シリコン中の不純物がヒ素のときは n 形半導体になる.	○
(9)	n 形半導体の不純物をアクセプタと呼ぶ.	×
(10)	p 形半導体の多数キャリアは電子である.	×

2. 下の半導体に関する文章は何の説明か回答欄に答えよ.

No.	半導体に関する文章	回答
(1)	価電子帯の電子が伝導帯に移る現象	励起
(2)	(1)のうち, 熱エネルギーによって起こるもの	熱励起
(3)	原子間の結合を行う電子	価電子
(4)	結晶中の電子が取ることのできないエネルギーの範囲	禁制帯
(5)	伝導帯に存在する電子	伝導電子
(6)	価電子帯において(5)が抜けた跡の名称	正孔
(7)	半導体において(5)や(6)のように電荷を運ぶものの総称	キャリア
(8)	(7)のうち不純物半導体中で数が多いもの	多数キャリア
(9)	(7)のうち不純物半導体中で数が少ないもの	少数キャリア
(10)	シリコン単結晶の結晶構造	ダイヤモンド構造
(11)	2種類以上の元素からできている半導体	化合物半導体
(12)	不純物がほとんど無い半導体	真性半導体

3. 以下の物質から回答欄に, 半導体に○, 半導体でないものに×を付けよ.

No.	物質名	回答
(1)	金	×
(2)	カーボン	○
(3)	ダイヤモンド	○
(4)	ゲルマニウム	○
(5)	アルミニウム	×
(6)	シリコン	○
(7)	ガリウムヒ素	○
(8)	硫化カドミウム	○

4. 下記文章内の [1]~[15] に入る語句を回答欄に記載せよ.

シリコンなど1種類の元素で生成された半導体を[1]半導体と呼ぶ. シリコンは[2]族の元素であり, このシリコン元素に[3]族のヒ素を不純物として微量まぜて結晶を作ると, [4]1個が[5]できなくなり結晶中を動き回る[6]ができる. このときの不純物を[7], このような半導体を[8]といい, 多数キャリアは[9], 少数キャリアは[10]となる.

一方, [11]族のホウ素を不純物として微量まぜて結晶を作ると, [12]が不足して[13]が生成される. このときの不純物を[14], このような半導体を[15]という.

回答:

15点

[1]	元素	[2]	IV	[3]	V	[4]	(価)電子	[5]	共有結合
[6]	自由電子	[7]	ドナー	[8]	n 形半導体	[9]	電子	[10]	正孔
[11]	III	[12]	電子	[13]	正孔	[14]	アクセプタ	[15]	p 形半導体

5. 以下の問いに答えよ. 但し, 電子の電荷  $q = 1.60 \times 10^{-19}$  [C], 電子の質量  $m = 9.11 \times 10^{-31}$  [kg], 真空中の誘電率  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$  [F/m], プランク定数  $h = 6.60 \times 10^{-34}$  [m<sup>2</sup> kg / s], ボルツマン定数  $k = 1.38 \times 10^{-23}$  [J/K] とする.

(1) ボーアの仮定式から電子が取り得るエネルギー値は  $E_n = -\frac{mq^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \times \frac{1}{n^2}$  [J] となる. 各パラメータを代入して,  $E_n$  をエレクトロンボルトに換算して係数を求めよ.

8点

[J] を [eV] の単位に換算するた,  $E_n$  を  $q$  で割り数値を代入すると下のよう求められる.

$$E_n = -\frac{mq^3}{8\epsilon_0^2 h^2} \times \frac{1}{n^2} = -\frac{9.11 \times 10^{-31} \times (1.60 \times 10^{-19})^3}{8 \times (8.85 \times 10^{-12} \times 6.60 \times 10^{-34})^2} \times \frac{1}{n^2} = -\frac{3.70 \times 10^{-87}}{2.73 \times 10^{-88}} \times \frac{1}{n^2} \approx -13.7 \frac{1}{n^2} \text{ [eV]}$$

従って, 係数は -13.7 となる.

(2) 速度  $v = 2,000$  km/s の電子の波長を求めよ.

8点

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 2000 \times 10^3} \approx 3.62 \times 10^{-10} \text{ [m]}$$

(3) 2 kV で加速された電子のド・ブロイ波長を求めよ.

9点

電子のエネルギーは  $E = 1.6 \times 10^{-19} \times 2,000 = 3.2 \times 10^{-16}$  [J]

$E = 1/2 mv^2$  より,  $v$  を求めると,  $v = \sqrt{2E/m}$  となるので,  $P = \sqrt{2mE}$  となる.

従って, ドブロイの式より,

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{\sqrt{2mE}} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{2.41 \times 10^{-23}} = 2.73 \times 10^{-11} \text{ [m]}$$

となる.

## 5年度 CI-3 電子回路学 I 前期中間試験は以下のような問題である。

(試験範囲 pp.1-34, ppt ファイルの配布資料, レポート, およびノート) 出題者: 大田

1. 半導体に関する下の語句の説明や文章の穴埋め等ができること.

導体, 半導体, 絶縁体, 不純物半導体, 元素半導体, 化合物半導体,

真性半導体, ゲルマニウム Ge, シリコン (ケイ素) Si, ダイヤモンド (炭素) C, IV族,

n形半導体, リン P, ヒ素 As, アンチモン Sb, V族, ドナー,

p形半導体, ホウ素 (ボロン) B, アルミニウム Al, III族, アクセプタ,

K殻, L殻, M殻, 価電子, 半導体の抵抗の温度特性, 共有結合, 電子, 正孔, 価電子帯, 伝導帯,

伝導電子, キャリア, 多数キャリア, 少数キャリア, ダイヤモンド構造, 禁制帯, 励起, 基底状態,

励起状態, 自由電子, 再結合,

パウリの排他律 (原理), ボーアの水素モデル仮定, ボーアの振動数条件, ド・ブロイ波長, など

2. 半導体に関する定理が計算できること.

但し, 下の定数と式は与える.

電子の電荷  $q = 1.60 \times 10^{-19}$  [C],

電子の質量  $m = 9.11 \times 10^{-31}$  [kg]

真空中の誘電率  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$  [F/m],

プランク定数  $h = 6.60 \times 10^{-34}$  [m<sup>2</sup> kg / s],

ボルツマン定数  $k = 1.38 \times 10^{-23}$  [J/K],

ボーアの仮定式から電子が取り得るエネルギー値  $E_n$  は下式となる.

$$E_n = -\frac{mq^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \times \frac{1}{n^2} \quad [\text{J}]$$

なお, 下の式は書けること

★電子がある安定な軌道  $E_{n1}$  から別の安定な軌道  $E_{n2}$  に移る (変異) とき, 下のようにエネルギー差に比例する振動数  $\nu$  の光が放射または吸収される.

$$|E_{n2} - E_{n1}| = h\nu \quad [\text{J}]$$

★速度  $v$  で運動している質量  $m$  の電子の波長  $\lambda$  は  $\lambda = \frac{h}{P}$  [m], 運動量は  $P = mv$  [kg · m/s]

例えば, 下のような問題は解けること.

(1) 速度  $v$  の電子の波長  $\lambda$  を求める.

(2) 電圧  $V$  で加速された電子のド・ブロイ波長  $\lambda$  を求める.

(3) 水素原子の電子が主量子数  $n = 2$  の励起状態から  $n = 1$  の基底状態へ遷移するとき放出する光のエネルギー  $E_n$  とその振動数  $\nu$  を求める.

★★各自, 配布資料の穴埋め, 演習問題, レポートをもう一度, 何も見ずに解いてみること. ★★

以上を何も見ずに全て解けるようになれば, 90点以上は取れる問題を出す.

普段できないことは, 試験でもできません! 必ず, 各自解いてみることに!