試験日　：　2025年2月22日

入試種別　：　2025年度　大学院(修士課程)入学試験問題

学部・研究科：先端理工学研究科　電子情報通信コース

科目名　：　専門科目

解答又は解答例

問題群Ｉ（電子分野）

ＩＡ（電気回路）

（１）

コンデンサーにかかる電位差： $Q(t)/C$

抵抗にかかる電位差： $R\frac{dQ(t)}{dt}$

（２）$R\frac{dQ(t)}{dt}+\frac{1}{C}Q(t)=V$

（３）$Q(t)=CV(1-e^{-t/RC})$

ＩＢ（電磁気学）

（１）「ガウスの法則」または「ガウスの法則 積分形、ガウスの法則 微分形」

（２）原点から遠ざかる向き

（３）

（ｉ）$0<r<a$ のとき　$|\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})|=\frac{\rho_0 r}{3\varepsilon_0}$

（ⅱ）$a<r$ のとき　$|\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})|=\frac{\rho_0}{3\varepsilon_0}\frac{a^3}{r^2}$

（４）

$$
\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) = \begin{cases} \dfrac{\rho_0}{3\varepsilon_0}\boldsymbol{r} & (0 < r < a) \\ \\ \dfrac{\rho_0}{3\varepsilon_0}\dfrac{a^3}{r^3}\,\boldsymbol{r} & (a < r) \end{cases}
$$

(5)

$$
\rho(\boldsymbol{r}) = \begin{cases} \rho_0 & (0 < r < a) \\ \\ 0 & (a < r) \end{cases}
$$

ＩＣ（電子物性・材料）

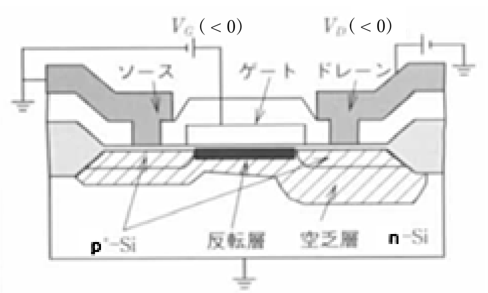
（１）

・ ホール/正孔が伝導する半導体

・ 多数キャリアがホール･正孔である半導体

・ アクセプターがドーピングされた半導体　など

（２）下図の電圧源の向きにて駆動；ゲート電圧：$V_G(<0)$、ドレーン電圧：$V_D(<0)$、



閾値電圧：V_{th}

（３）$V_G \leqq V_{th}$、$V_D > V_G - V_{th}$の場合

$$
I_D = -\left(\frac{W}{L}\right)C_{ox}\mu\left[(V_G - V_{th}) - \frac{V_D}{2}\right]V_D \tag{i}
$$

（$V_G \leqq V_{th}$、$V_D \leqq V_G - V_{th}$の場合

$$
I_D = -\frac{1}{2}\left(\frac{W}{L}\right)C_{ox}\mu(V_G - V_{th})^2 \tag{ii}
$$

）

$V_G > V_{th}$の場合　$I_D = 0$

(i)式の導出例:(2)の図で電圧源の向きが定義されている場合において

チャネル幅:W、チャネル長:L、ゲート酸化膜容量(単位面積あたり): C_{ox}、位置xにおける電位: V

移動度:μ

位置xにおける電界効果(ゲート直下に発生する単位面積あたりの電荷量):

$$q_n = C_{ox}(V_G - V_{th} - V) \tag{iii}$$

位置xにおけるドリフト電流:

$$I_D = -W\mu q_n E, \quad \left(E = \frac{dV}{dx}\right) \tag{iv}$$

(iii)式、(iv)式より

$$I_D = -W\mu C_{ox}(V_G - V_{th} - V)\left(\frac{dV}{dx}\right) \tag{v}$$

(v)式の両辺をxで積分

$$I_D L = \left[-W\mu C_{ox}\left[(V_G - V_{th})V - \left(\frac{1}{2}\right)V^2\right]\right]_0^{V_D} = -W\mu C_{ox}\left[(V_G - V_{th})V_D - \left(\frac{1}{2}\right){V_D}^2\right] = -W\mu C_{ox}\left[(V_G - V_{th}) - \left(\frac{1}{2}\right)V_D\right]V_D$$

$$\therefore I_D = -\left(\frac{W}{L}\right)C_{ox}\mu\left[(V_G - V_{th}) - \frac{V_D}{2}\right]V_D$$

ＩＤ（電子工学）

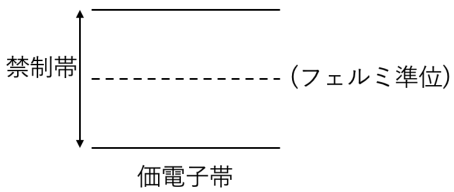
（１）

正孔は電子の抜けた穴であるため、電子の数と正孔の数は等しい。このような半導体を真性半導体という。（電子濃度と正孔濃度は等しい。$n_i = n = p$）

例えば、真性半導体の抵抗率は室温でも非常に大きいが、不純物原子を添加していくと抵抗率は次第に小さくなる。

（２）

(概略図)



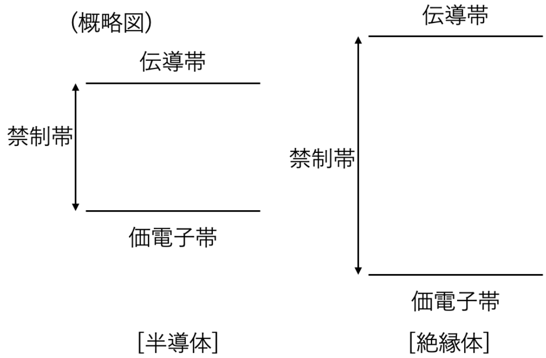
（３）・単位：[Ω・m]

・一般に、比抵抗は導体で 10^{-4} Ωcm 以下

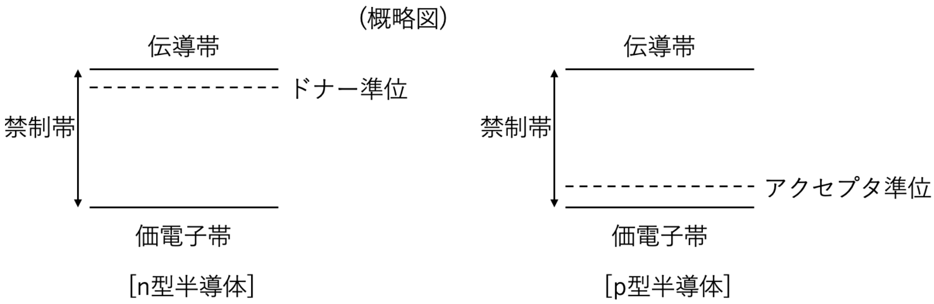
半導体で 10^{-4}～10^{8} Ωcm

絶縁体で 10^{8}Ωcm 以上　であり、比抵抗の大きさが異なる。

・半導体/絶縁体：



（４）



（５）

・光導電現象(または 光伝導現象)

・半導体に光を照射すると、価電子帯の電子は伝導帯に励起されてキャリア電子となる。（電子・正孔対が形成され、電気伝導度が増加する。）

・光速をcとして$E = hc/\lambda$

問題群Ⅱ（情報分野）

ⅡA（情報理論）

（１）

$p(x_0) = p(x_1) = 0.5$

$p(y_0|x_0) = 1 - 0.25 = 0.75$　　　$p(y_1|x_0) = 0.25$

$p(y_0|x_1) = 0$　　　$p(y_1|x_1) = 1$

である。これより、

$p(y_0) = p(x_0)p(y_0|x_0) + p(x_1)p(y_0|x_1) = 0.5\times0.75 + 0.5\times0 = 3/8 = 0.375$

$p(y_1) = p(x_0)p(y_1|x_0) + p(x_1)p(y_1|x_1) = 0.5\times0.25 + 0.5\times1 = 5/8 = 0.625$

（２）

$p(x_0|y_0) = p(x_0)p(y_0|x_0)/p(y_0) = 0.5\times0.75/0.375 = 1/2 \times 3/4 \times 8/3 = 1$

$p(x_1|y_1) = p(x_1)p(y_0|x_1)/p(y_0) = 0.5\times0/0.375 = 0$

$p(x_0|y_1) = p(x_0)p(y_1|x_0)/p(y_1) = 0.5\times0.25/0.625 = 1/2 \times 1/4 \times 8/5 = 1/5 = 0.2$

$p(x_1|y_1) = p(x_1)p(y_1|x_1)/p(y_1) = 0.5\times1/0.625 = 1/2 \times 8/5 = 4/5 = 0.8$

（３）

各エントロピーは、

$\mathrm{H(X)} = -p(x_0)\log_2 p(x_0) - p(x_1)\log_2 p(x_1) = -0.5\times(-1) - 0.5\times(-1) = 1[\mathrm{bit}]$

$\mathrm{H(Y)} = -p(y_0)\log_2 p(y_0) - p(y_1)\log_2 p(y_1) = -3/8\times\log_2(3/8) - 5/8\times\log_2(5/8)$

$= -3/8\times(\log_2 3\text{-}3) - 5/8\times(\log_2 5\text{-}3) = -3/8\times(-1.42) - 5/8\times(-0.68)$

$= 0.5325 + 0.425 = 0.9575 \fallingdotseq 0.96\ [\mathrm{bit}]$

$\mathrm{H(X|Y)} = -p(x_0|y_0)\log_2 p(x_0|y_0) - p(x_1|y_0)\log_2 p(x_1|y_0) - p(x_0|y_1)\log_2 p(x_0|y_1) - p(x_1|y_1)\log_2 p(x_1|y_1)$

$= 1/5\times(\log_2 5) + 4/5\times(\log_2 5\text{-}2) = 1/5\times(2.32) + 4/5\times(0.32)$

$= (2.32 + 1.28)/5 = 3.6/5 = 0.72\ [\mathrm{bit}]$

$\mathrm{H(Y|X)} = -p(y_0|x_0)\log_2 p(y_0|x_0) - p(y_1|x_0)\log_2 p(y_1|x_0) - p(y_0|x_1)\log_2 p(y_0|x_1) - p(y_1|x_1)\log_2 p(y_1|x_1)$

$= 3/4\times(2 - \log_2 3) + 1/4\times(\log_2 4) = 3/4\times(0.42) + 2/4$

$= (1.26 + 2)/4 = 3.26/4 = 0.815 \fallingdotseq 0.82\ [\mathrm{bit}]$

ⅡB（プログラミング）

（1）マージソートは、分割操作とマージ操作から構成される。

分割操作

ソートしたい配列 d[1], ⋯, d[n]を再帰的に 2 つの部分配列に分割していく。この操作は作成される部分配列が 1 要素になるまで繰り返す。

マージ操作

分割操作によって作成された 2 つの部分配列を、最後の段階で分割されたものから順にマージしていき、最終的に昇順にソートされた配列 d[1], ⋯, d[n]を構築する。具体的には、以下の手順でマージを行う：

1）昇順にソートされた左右の部分配列 d[p], ⋯,d[m]と d[m+1], .., d[q]を作業用配列にコピーする。

2）左右の部分配列の先頭要素を比較し、小さい方の要素を結果配列 d の該当箇所に移動する。

3）操作 2)を左右どちらかの部分配列が空になるまで繰り返す。

4）残った要素は、結果配列 d の該当箇所に移動する。

（2）

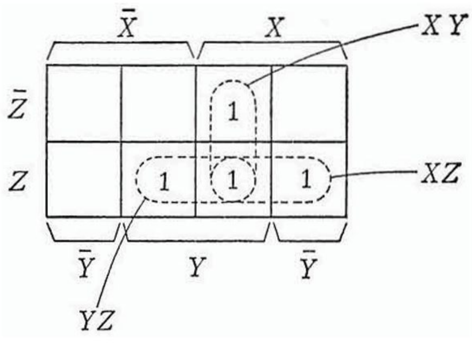
① d, m+1, q

② bf[i++]

II C（ディジタル論理）

論理式 $f = \overline{X}YZ + X\overline{Y}Z + XY\overline{Z} + XYZ$ は３変数のカルノー図を用いて、下図のように簡略化し、

$f = XY + YZ + XZ$ とより簡単な式に変換することができる。



簡略化の方法は、まず論理式の各項に対応するカルノー図のマス目に 1 を書き入れ

て、隣接する1がある場合には○で囲みグループ化させ（グループは重複してよい)、そのグループに対応する簡略化した項の論理和を求めたものが簡略化した式となる、というものである。

これは $AB + A\overline{B} = A$ のような論理式による簡略化において、論理式での隣接した項がカルノー図の上でも隣接したマス目となるように配置し、隣接する1をグループ化することが共通変数項を求めたことに相当し、隣接した項が簡略化されるのである。なお、グループ化においてマス目が重複してもよいのは、論理式において「べき等則」が成り立っているからである。

問題群Ⅲ（通信分野）

ⅢA（符号理論）

（1）

(a) 符号語(1001)と符号語(1111)間のハミング距離は2

(b) 符号語(0011)と符号語(1010)間のハミング距離は2

（2）

最小重みは2

（3）

最小距離 dmin は2

（4）

シンドローム S は1

（5）

シンドローム S が0であれば誤りなし、1であれば1ビットの誤り（単一誤り）がある。

ⅢB（高周波回路）

（1）

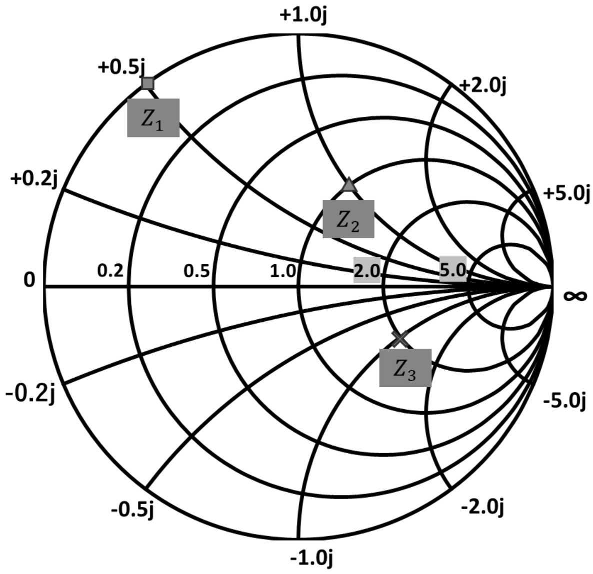
$$z_1 = j25.1327 \div 50 \cong j0.5\,\Omega$$

（2）

$$z_2 = (50 + j50.2654) \div 50 \cong 1 + j1\,\Omega$$

（3）

$$z_3 = (100 - j49.751) \div 50 \cong 2 - j1\,\Omega$$



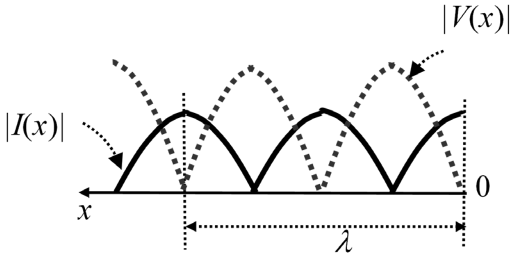
スミスチャートの作図例

ⅢC（伝送線路）

(1)　Z_L=0 の時

$$V(x) = V_A \frac{\sin\beta x}{\sin\beta d} \qquad I(x) = \frac{V_A}{Z_0}\frac{\cos\beta x}{j\sin\beta d}$$

(2)　Z_L=0 の時、電圧電流実効値の分布



（3）　Z_L=∞の時

$$V(x) = V_A \frac{\cos\beta x}{\cos\beta d} \qquad I(x) = \frac{V_A}{Z_0}\frac{j\sin\beta x}{\cos\beta d}$$

（４）$Z_L=\infty$時、電圧電流実効値の分布