

北海道大学大学院情報科学研究科
情報エレクトロニクス専攻入学試験
平成23年8月18日 15:30～17:30

専門科目2

受験上の注意

- ・机の上に置いてよいものは、筆記用具(鉛筆、消しゴム、鉛筆削りなど)、時計、特に指示があったもののみである。
- ・時計は計時機能のみのものを使用し、アラームの使用を禁ずる。
- ・電卓、電子手帳、辞書の使用を禁ずる。携帯電話は電源を切ること。
- ・問題紙の枚数は、[1](デジタル回路)、[2](量子力学)、[3](物性工学)、[4](情報通信ネットワーク)、[5](光エレクトロニクス)、について各1ページ、計6ページ(このページを含む)である。問題紙は回収しない。
- ・答案用紙の枚数は2枚である。[1]～[5]の計5問の中から2問選択し、1枚につき1問を解答すること。
- ・答案用紙の裏面を使用してもよいが、その場合、使用の有無を答案用紙右下に記載すること。
- ・選択した問題の番号、受験番号の誤記、記入もれがないか、各答案用紙を十分に確かめること。これらを別紙の選択問題チェック票にも記入し、提出すること。
- ・草案紙の枚数は2枚である。草案紙は回収しない。

[1] デジタル回路

1. 次の (1) ～ (3) の論理動作を行う CMOS トランジスタ回路をそれぞれ図示せよ。ただし、(1) ～ (3) のどの回路も、それぞれ総トランジスタ数（インバータを含む全回路中に含まれる n チャネルと p チャネルのトランジスタの合計数）10 個以内で構成すること。4 つの入力を A, B, C, D, 出力を Y として、各端子にはその文字を記入すること。インバータについては、トランジスタ回路を示さずに論理ゲート記号を使ってもよい。また、電源は V_{dd} と表記せよ。

(1) $Y = A \cdot B + \overline{A \cdot B} \cdot C \cdot D$

(2) $Y = \overline{A} \cdot \overline{B} + \overline{C} \cdot \overline{D}$

(3) $Y = (A + B) \cdot \overline{C \cdot D}$

2. 3 名のうち 2 名以上が賛成したときに可決する評決回路を、下記の手順に従って設計し図示せよ。この回路は 3 つの入力 A, B, C と 1 つの出力 Y をもつ。3 人の評決者がそれぞれの入力に信号を入れる。賛成なら入力 1, 反対なら入力 0 である。2 人以上が賛成のときに出力が 1 となる。それ以外るとき出力は 0 である。

(1) 実現すべき論理動作を記述する論理式を書け。

(2) (1)で求めた論理動作を実現する CMOS トランジスタ回路を図示せよ。なお、インバータについては、トランジスタ回路を示さずに論理ゲート記号を使ってもよい。電源は V_{dd} と表記せよ。

[2] 量子力学

図 1 に模式的に示す井戸型ポテンシャルでの電子の状態に関する以下の設問に答えよ．ここで井戸型ポテンシャル $V(x)$ は以下のように記述されるとする．

$$V(x) = \begin{cases} V_0 & (x \leq -a, \text{ 領域I}) \\ 0 & (-a < x < a, \text{ 領域II}) \\ V_0 & (x \geq a, \text{ 領域III}) \end{cases}$$

ここで V_0 は有限の値をとるとする．電子のエネルギー E は $0 < E < V_0$ とする．以下，電子の質量を m とおく．また， \hbar はプランク定数 h を 2π で割った量である．この問題ではポテンシャルの形が左右対称，すなわち， $V(x) = V(-x)$ となっている．この場合，波動関数 $\psi(x)$ は左右対称 ($\psi(x) = \psi(-x)$) か反対称 ($\psi(x) = -\psi(-x)$) の 2 種類となる．以下では，左右対称の波動関数 $\psi(x)$ について考える．

- (1) 領域 III のシュレーディンガー方程式を解くことにより領域 III の波動関数 ψ_{III} を求めよ．波動関数の係数を求める必要はない． ψ_{III} を特徴づけるパラメータを κ とおくこと．さらに，この結果を元に，左右対称の解を求めていることに注意して領域 I の波動関数 ψ_{I} の表式を求めよ．
- (2) 領域 II のシュレーディンガー方程式を解くことにより領域 II の波動関数 ψ_{II} を求めよ．ただし，左右対称の解を求めていることに注意せよ．波動関数の係数を求める必要はない． ψ_{II} を特徴づけるパラメータを k とおくこと．
- (3) k と κ を未知数として，エネルギー固有値を求めるための方法を考える． k と κ に対する 2 つの式を導け．その中の一つは境界 $x = a$ における境界条件を満たすための 2 つの式より波動関数の係数を消去することによって求めよ．次に， $ka = x$, $\kappa a = y$ とおき， k と κ に対する 2 つの式を x と y に関する式に変換せよ．
- (4) 以上の結果を元にして， $\frac{\sqrt{2mV_0}a^2}{\hbar}$ がいくら小さい値であっても，ここで考えている左右対称の波動関数について $0 < E < V_0$ の状態 (束縛状態) が必ず 1 個存在することを示せ．

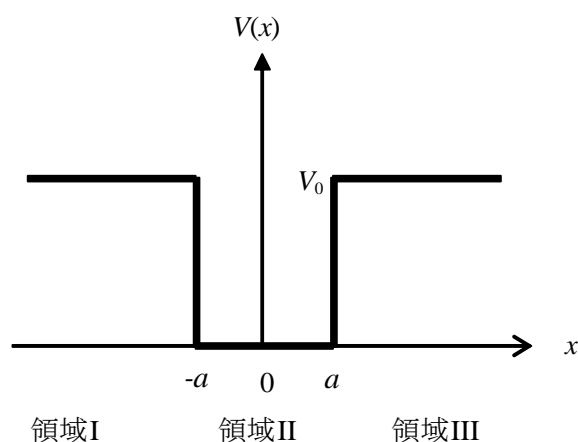


図1. 井戸型ポテンシャル

[3] 物性工学

1. 固体材料に関する次の事項について説明せよ．図を用いてもよい．

- (1) ダイヤモンド型結晶構造
- (2) 電子の有効質量
- (3) 格子振動

2. 固体の電子状態に関する次の設問に答えよ．図を用いてもよい．

- (1) エネルギーバンドが形成される機構を説明せよ．
- (2) エネルギーバンドの観点から，金属，半導体，絶縁体の違いを述べ，電気伝導に違いが生ずる理由を説明せよ．

3. 図1のように直方体形の n 型半導体に電流 I を流した状態で磁束密度 B の磁場を印加すると，ホール起電力 V_H が生じた．このとき次の設問に答えよ．なお，半導体の長さ L ，幅 W ，厚さ D ，電子密度 n ，素電荷 q ，半導体を流れる電流の向きは x 方向，磁場の向きは z 方向とし，キャリアとして電子のみを考えるものとする．

- (1) 半導体中を流れる電子が磁場から受ける力 F の大きさと向きを示せ．
- (2) 定常状態でのホール起電力 V_H と電子密度 n の関係を導け．
- (3) 電流方向の電位差を測定したところ V_L であった．電子の移動度 μ を求めよ．

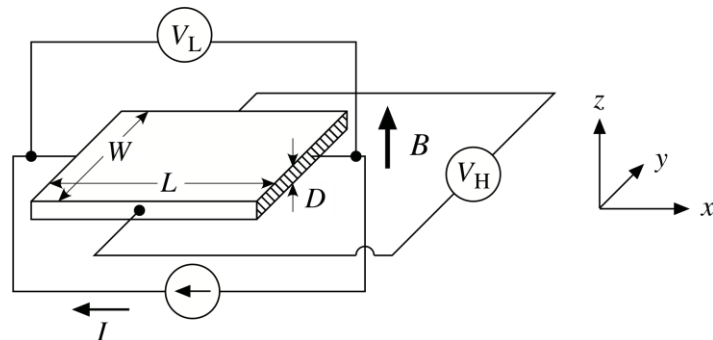


図 1

[4] 情報通信ネットワーク

1. OSI 7 階層モデルの階層名称および使用する識別子(MACアドレス, IPアドレス)に言及して, 「ルータ」と「スイッチングハブ」の機能の違いを説明せよ.

2. IPv4のIPアドレスについて, 以下の設問に答えよ.

(1) 以下の(a)から(c)においてアドレス標記の誤りを指摘せよ.

(a) 221. 34. 7. 8. 20

(b) 75. 45. 301. 14

(c) 111. 56. 045. 78

(2) ある組織に一連のIPアドレスが割り当てられている. そのうちの 하나가 “205. 15. 37. 39/28”であった. この時, この組織に割り当てられている最初のIPアドレスと最後のIPアドレスを示せ.

3. 4 ビットのデータ X_0, X_1, X_2, X_3 に, 3 ビットのパリティ P_0, P_1, P_2 を付加したハミング符号 “ $X_0 X_1 X_2 X_3 P_0 P_1 P_2$ ” を生成して送信する. ただし, パリティ P_0, P_1, P_2 はそれぞれ以下のように定める.

$$P_0 = X_0 \oplus X_1 \oplus X_2$$

$$P_1 = X_1 \oplus X_2 \oplus X_3 \quad \oplus \text{は, 排他的論理和}$$

$$P_2 = X_0 \oplus X_1 \oplus X_3$$

受信側が受信した符号を “ $Y_0 Y_1 Y_2 Y_3 Q_0 Q_1 Q_2$ ” とする. 受信した符号から以下の式によりシンドローム “ $S_0 S_1 S_2$ ” を計算する.

$$S_0 = Y_0 \oplus Y_1 \oplus Y_2 \oplus Q_0$$

$$S_1 = Y_1 \oplus Y_2 \oplus Y_3 \oplus Q_1 \quad \oplus \text{は, 排他的論理和}$$

$$S_2 = Y_0 \oplus Y_1 \oplus Y_3 \oplus Q_2$$

誤った箇所が一箇所以下であると仮定して, 以下の設問に答えよ.

(1) シンドロームが “001” であった. 誤った箇所は “ $Y_0 Y_1 Y_2 Y_3 Q_0 Q_1 Q_2$ ” のどれか答えよ.

(2) シンドロームが “101” であった. 誤った箇所は “ $Y_0 Y_1 Y_2 Y_3 Q_0 Q_1 Q_2$ ” のどれか答えよ.

[5] 光エレクトロニクス

1. 図1に示すように、 z 軸の方向に伝搬する波数 k_0 ($=\frac{2\pi}{\lambda}$, 波長 λ) の単色光が、焦点距離 f の2枚のレンズを通して、平面C上に回折パターンを形成したとする。平面A, レンズ1, 平面B, レンズ2, 平面C, それぞれの間の距離は全てレンズの焦点距離 f と同じである。レンズの中心軸(光軸)を z 軸とする。近軸近似を用いて以下の設問に答えよ。

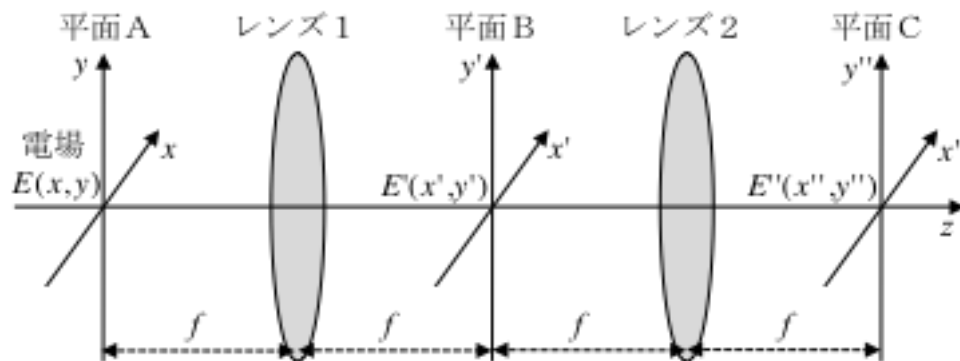


図1

- (1) 平面A, 平面B, 平面C上の電場分布を, それぞれ, $E(x, y)$, $E'(x', y')$, $E''(x'', y'')$ と表したとき, それらの関係を説明せよ。
 - (2) z 軸上にピンホールをもつマスク(透過電場分布がデルタ関数 $\delta(x, y)$)を平面Aに置いたとき, 平面B上の電場分布 $E'(x', y')$ を求めよ。
 - (3) 平面Aのピンホールマスクに加えて, 一辺 $2a$ の正方形の開口をもつマスクを平面Bに置いたとき, 平面C上の強度分布を求めよ。ただし, 正方形は z 軸を中心とし, 各辺はそれぞれ x 軸と y 軸に平行であるとする。
2. 波動光学に関する次の事項について説明せよ。
- (1) 全反射およびエバネッセント波
 - (2) エネルギー反射率の偏光特性とブリュースター角
 - (3) エアリーディスク半径