

受験職種	研究職（電子工学）	得点	※
------	-----------	----	---

地方独立行政法人大阪府立産業技術総合研究所
研究職（電子工学）専門試験

（注 意 事 項）

1. 試験時間中は、すべて試験係員の指示に従ってください。お互いに話をしたり、席を立ったり、そのほか、人の迷惑になるようなことをしてはいけません。指示に従わない、また、試験中にICレコーダーや携帯電話等を使用するなどの不正行為を行った場合は、失格として直ちに退室していただきます。
2. 受験番号及び氏名は必ず記入してください。（※欄は記入しないでください。）
3. 問題は、全部で7問あって、時間は2時間20分です。
4. 棄権するとき、気分が悪くなったときを除き、途中退室はできません。棄権するときには、試験用紙を必ず試験係員に提出し、確認を受けてください。こちらから渡したものは、一切持って出てはいけません。
5. 気分が悪くなった方は試験係員に申し出、指示に従ってください。

指示があるまで中をあけてはいけません

整理番号
※

整理番号
※

得点	※
----	---

受験職種
研究職（電子工学）

受験番号

氏名

問題1 次の問い(1)から(4)について、答えを解答欄に記入しなさい。解答欄には答えのみ記入し、導出の途中は記入しなくてよい。

(1) θ_1, θ_2, a, b を実数とし、 $0 < \theta_1 < \frac{\pi}{2}, 0 < \theta_2 < \frac{\pi}{2}$ とする。

$$\cos\theta_1 = a, \cos\theta_2 = b$$

とおくとき、 $\cos(\theta_1 + \theta_2)$ を a と b で表せ。次のオイラーの公式を参考にしてもよい。

$$e^{j\theta} = \cos\theta + j\sin\theta$$

ここで、 j は虚数単位である。

(2) 2行2列の行列 A がある。 $A = \begin{bmatrix} \lambda & a \\ 0 & \lambda \end{bmatrix}$ とする。 n を自然数とするとき、 A^n を求めよ。

(3) a, b, x, y を正の実数とする。 $\log_e x = a, \log_e y = b$

とするとき、 $\log_e \frac{y}{x}$ と $\log_y x$ を a と b を用いて表せ。

(4) ラーメン屋台村で、 α と β という2つ並んだ屋台に、 α には64人、 β には40人の行列ができていた。そこから1分間観察していると、 α の列には8人が並び、 β には4人が並んだが、それぞれの行列の長さは変わらなかった。屋台 α 、屋台 β のどちらの列に並ぶほうが早く食べられるかを答えなさい。ただし、1人あたりの行列の長さはすべて同じとする。また、1人あたりの食事時間はすべて同じとする。

問題1 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	$\log_e \frac{y}{x} =$, $\log_y x =$
(4)	

問2 次の(1)から(4)の問いに答えなさい。(1)から(3)の問いについては、答えをそれぞれの解答欄に記入しなさい。

(1) 図1において、B点の電位を0としたときのA点の電位を求めなさい。なお、割り算の答えは既約分数のまま記入しなさい。

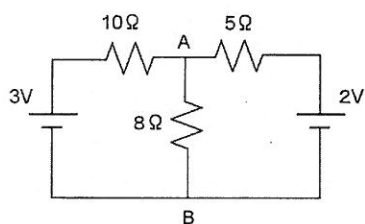


図1

問2(1) 解答欄

(2) 図2のトランジスタのコレクタとエミッタ間の電圧を求めなさい。ただし、トランジスタの電流増幅率は100とし、ベース・エミッタ間電圧は0.7Vとする。

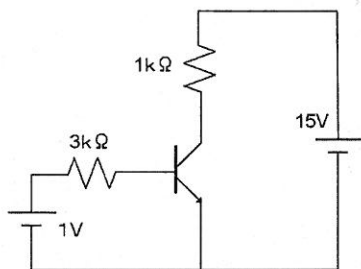


図2

問2(2) 解答欄

(3) 理想オペアンプ(演算増幅器)について述べた次の5つの文中の(①)から(⑤)に該当する語句を、下記の語群(A)から(C)の中から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。同じ記号を何度用いてもよい。

- オープンループゲインが(①)である。
- 入力インピーダンスが(②)である。
- 出力インピーダンスが(③)である。
- 入力オフセット電圧が(④)である。
- CMRRが(⑤)である。

問2(3) 解答欄

①	②	③	④	⑤

[語群] (A) 無限大 (B) 0 (ゼロ) (C) 1 (イチ)

(4) 図3の回路に図4で示す5Hz、片側振幅1Vの正弦波の入力電圧 V_i を与えた。出力電圧 V_o の波形を図4中に示しなさい。ただし、オペアンプは理想的とする。また、オペアンプは正負両電源に接続されているが、図3では省略しており、オペアンプは±10Vまで出力可能とする。なお、作図に補助線などを用いてもよい。

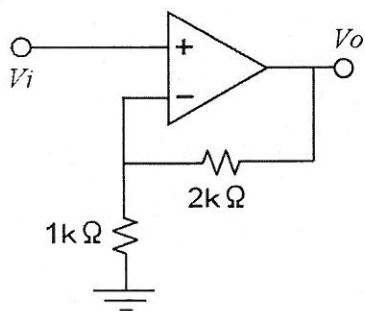


図3

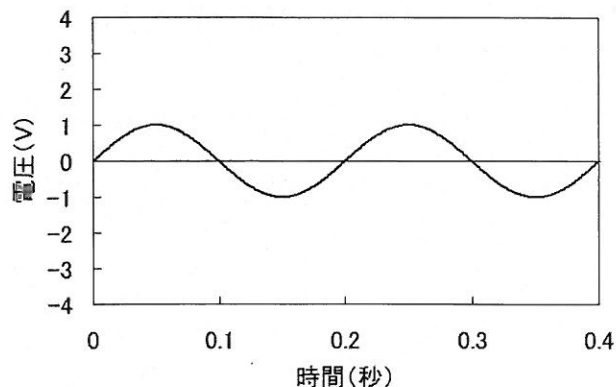


図4 電圧波形

問題3 次の語群の中から五つを選択し、選択した語句を記入し、その説明を100から200字程度で解答欄に記入しなさい。

[語群]

- | | | | | |
|----------|------|-------|---------------|-------------|
| サンプリング定理 | LED | p型半導体 | 微細加工用レジスト | 光の全反射 |
| ゼーベック効果 | 焦電効果 | MEMS | FET | フォトダイオード |
| ビットとバイト | HTML | Dos攻撃 | クラウドコンピューティング | プロトコル(通信用語) |

問題3 解答欄

選択した語句	語句の説明(100字から200字程度)

問題4 次の問い(1)から(3)について、答えを解答欄に記入しなさい。

(1) 次の論理式[1]を真理値表を用いて証明したい。

$$A \vee B = \overline{\overline{A \wedge B}} \quad [1]$$

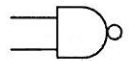
下記解答欄の真理値表を完成しなさい。ただし、 \overline{A} は A の論理否定、 \vee は論理和、 \wedge は論理積を表す。また、真理値表では、真は1、偽は0で表すものとする。

(2) 排他的論理和(XOR)は次の論理式[2]であらわすことができる。

$$(A \wedge \overline{B}) \vee (\overline{A} \wedge B) \quad [2]$$

[2]式は論理和を含んでいるが、論理積と論理否定のみで排他的論理和を構成したい。[1]式を参考に、[2]式を論理積と論理否定のみで構成されるように変形して示しなさい。

(3) 前問を参考に、排他的論理和をNANDゲートのみで構成した回路図を示しなさい。ただし、NANDゲートは



で示しなさい。また、NOTゲートはNANDゲートの2つの入力を接続して1入力とすることにより実現しなさい。

問題4 解答欄

	A	B	$A \vee B$	\overline{A}	\overline{B}	$\overline{A \wedge B}$	$\overline{\overline{A \wedge B}}$
(1) 真理 値 表	0	0					
	0	1					
	1	0					
	1	1					
(2)	$(A \wedge \overline{B}) \vee (\overline{A} \wedge B) =$						
(3)							

問題5 次の問い(1)と(2)について、答えをそれぞれの解答欄に記入しなさい。

(1) 電磁界を記述するマクスウェルの方程式は次の4つの等式から成る。ここで \vec{D} 、 \vec{E} 、 \vec{B} 、 \vec{H} はそれぞれ電束、電界、磁束、磁界のベクトル量、 \vec{J} は伝導電流密度のベクトル量、 ρ は電荷密度を表すものとする。またdiv、rotはそれぞれ発散と回転を表す演算子とする。以下の文章中の(A)から(F)に最も適する語句を、下記の語群(ア)から(シ)の中から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。同じ記号を何度用いてもよい。

$$\text{div}\vec{D} = \rho \quad [1]$$

$$\text{div}\vec{B} = 0 \quad [2]$$

$$\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \quad [3]$$

$$\text{rot}\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \quad [4]$$

[1]式は(A)が存在すれば電界も存在するという(B)の法則を示す。[3]式は磁界が時間的に変化すれば(C)を生じるといふ(D)・マクスウェルの法則を示し、[4]式は電流が存在したり電界が時間的に変化すれば(E)を生じるといふ(F)・マクスウェルの法則を示す。

【語群】

- | | | | | |
|-----------|---------|----------|-----------|-----------|
| (ア) アンペール | (イ) ガウス | (ウ) クーロン | (エ) ファラデー | (オ) フレミング |
| (カ) ホイヘンス | (キ) 静電場 | (ク) 静磁場 | (ケ) 電荷 | (コ) 磁荷 |
| (サ) 電界 | (シ) 磁界 | | | |

(2) 図1は直線状導体1にノイズ電圧 V_1 が生じた場合に、そのノイズ電圧が近接して配置された直線状導体2に容量的に結合する様子を示している。図2はその等価回路である。このとき直線状導体2に誘起されるノイズ電圧 V_N を求めなさい。ただし、容量 C のインピーダンスは $\frac{1}{j\omega C}$ と表されるものとする。なお、分母を実数化するなどの式の簡単化は行わなくてよい。

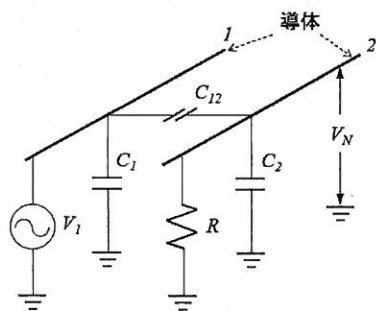


図1 物理的配置

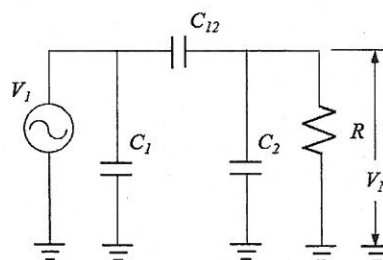


図2 等価回路

問題5 解答欄

(1)	A	B	C	D	E	F
(2)						

問題6 次の文章中および表中の (①) から (⑫) について、該当する語句、英字、または数値を語群 (1) から (19) の中から選び、その番号を次頁の解答欄に記入しなさい。ただし、電気素量は 1.6×10^{-19} [C] とし、(④) および (⑤) には最も近い数値を選びなさい。また、文章中および表中の () 内の番号が同じ場合は同じ言葉が当てはまり、語群中の語句などは何度用いても良い。

スパッタ法を用いて、酸化半導体である酸化インジウム薄膜 (In_2O_3 薄膜) およびスズをドーパした酸化インジウム薄膜 (ITO 薄膜) をガラス基板上に作製し、それらの電気特性および光学特性の評価を行った。なお、2種類の薄膜の膜厚は 50 nm で面内均一とし、オーミック電極のサイズは試料サイズと比較して十分小さいとする。

A. ホール効果測定による薄膜の電気特性評価

ホール効果測定は、試料にバイアス電流や磁界を印加して電圧等の測定を行い、ホール定数の符号からキャリアの伝導形を決定し、さらに比抵抗、(①) および (②) を計算で求めることができる方法である。

今、図1に示す電極配置を用いて (③) により、2種類の薄膜試料について室温でホール効果測定を行った。得られた結果を表1に示す。

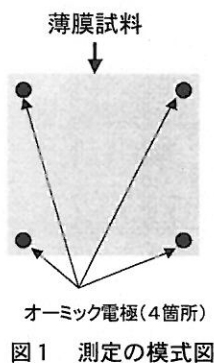


図1 測定の模式図

表1 薄膜試料の電気特性の結果

	比抵抗 [$\Omega \cdot \text{cm}$]	(①) [cm^{-3}]	(②) [$\text{cm}^2 \cdot (\text{V} \cdot \text{s})^{-1}$]
In_2O_3 薄膜	6.3	(④)	1.0×10^2
ITO 薄膜	3.1×10^{-4}	(⑤)	2.0×10^1

次に、クライオスタットを用いて、2種類の薄膜試料を室温から 100 K まで冷却し、比抵抗の温度依存性を測定した。その結果、 In_2O_3 薄膜の場合は図2の (⑥) に、そして ITO 薄膜の場合は図3の (⑦) に示すような温度依存性が観察された。

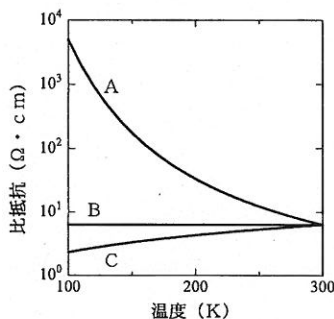


図2 In_2O_3 薄膜の比抵抗の温度依存性

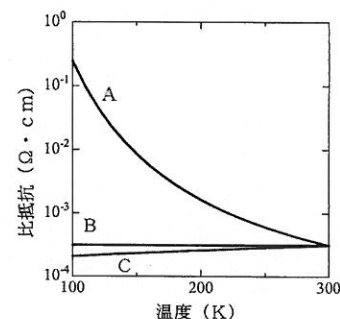


図3 ITO 薄膜の比抵抗の温度依存性

B. 分光透過率測定による薄膜の光学特性評価

使用したガラス基板をリファレンスとし、2種類の薄膜について室温で 300 nm ~ 1 μm の波長範囲で分光透過率測定を行った。その結果を図4に示す。 In_2O_3 薄膜の場合、スペクトル (⑧) が、ITO 薄膜の場合はスペクトル (⑨) が観察された。ITO 薄膜のスペクトル変化は (①) に起因している。紫外光領域ではバースタイン・モス効果により光学的バンドギャップが (⑩) なる。近赤外光領域ではプラズマ振動により薄膜の (⑪) が (⑩) なる。

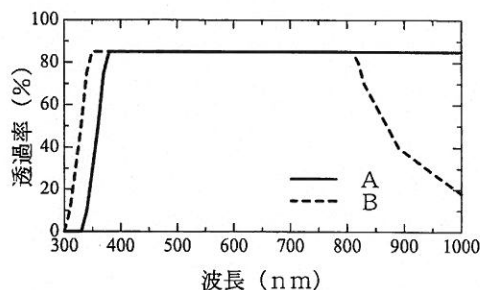


図4 In_2O_3 薄膜および ITO 薄膜の分光透過率スペクトル

以上の実験結果から、ITO 薄膜は In_2O_3 薄膜と比較して (①) が増加して縮退半導体になっていると考えられる。そして、可視光領域で透明で、低い比抵抗を実現できるため、太陽電池やフラットパネルディスプレイなどの (⑫) として広範に使用されている。

[語群]

- (1) 磁束密度
- (2) 電子電流密度
- (3) キャリア密度
- (4) 透過率
- (5) 反射率
- (6) 大きく
- (7) 小さく
- (8) 1.0×10^{16}
- (9) 1.0×10^{19}
- (10) 1.0×10^{21}
- (11) ファン・デア・ポウ法
- (12) 4 端子法
- (13) イオン移動度
- (14) ホール移動度
- (15) 透明電極
- (16) オーミック電極
- (17) A
- (18) B
- (19) C

問題 6 解答欄

①	②	③	④	⑤	⑥
⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫

問題7 次のプログラム中の関数 sort1(), sort2(), sort3() は、ランダムな数値配列 a をソートするプログラムである。プログラムに関する問い (1) 及び (2) に答えなさい。

```
int[] a; //ランダムな数値

// ソート1
void sort1() {
    for( int i = 0; i < a.length - 1; i = i + 1 ) {
        for( int j = a.length - 1; j > i; j = j - 1 ) {
            if( a[j] < a[j-1] ) {
                swap( j, j-1 );
            }
        }
    }
}

// ソート2
void sort2() {
    sort21( 0, a.length - 1 );
}
void sort21( int begin, int end ) {
    int i = begin;
    int j = end;
    while( i <= j ) {
        while( i <= j && a[begin] > a[i] ) i = i + 1;
        while( i <= j && a[begin] < a[j] ) j = j - 1;
        if( i > j ) break;
        swap( i, j );
        i = i + 1;
        j = j - 1;
    }
    if( begin < j ) sort21( begin, j );
    if( i < end ) sort21( i, end );
}

// ソート3
void sort3() {
    for( int h = a.length / 2; h > 0; h = h / 2 ) {
        for ( int i = 0; i < h; i = i + 1 ) {
            for( int j = i; j < a.length - h; j = j + h ) {
                int k = j;
                while( k >= i && a[k] > a[k+h] ) {
                    swap( k, k + h );
                    k = k + h;
                }
            }
        }
    }
}

// 配列内の要素を交換する関数
void swap( int i, int j ) {
    int tmp = a[i];
    a[i] = a[j];
    a[j] = tmp;
}

```

配列 a の数値の状態を図示すると図1 は初期状態、図2 がソート後となる。(横軸は配列要素番号、縦軸は要素の数値を示す)

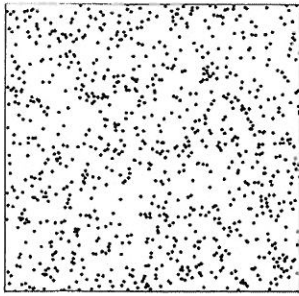


図1 ソート前

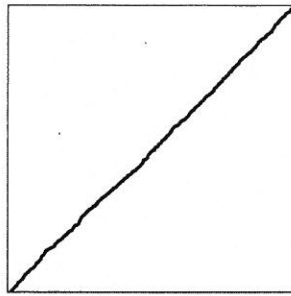


図2 ソート後

(1) 各ソート方法のアルゴリズムは、次の (a) から (c) のいずれに対応するか。適当な記号を選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (a) バブルソート (端の要素から順番に他の要素を比較し、端から順番に並べていく方法)
- (b) シェルソート (離れた要素同士を比較して並べ替えを実行し、次第に比較間隔を小さくしていくソート方法)
- (c) クイックソート (領域を半分に区切っていき、区切られた領域毎に基準値より大きい領域、小さい領域と並べ替えていく方法。高速であることから“クイック”と名づけられた)

(2) 各ソート関数の途中結果は次の図 (ア) から (ウ) までのいずれかとなる。各ソート関数がそれぞれの図に対応するか、その記号を解答欄に記入しなさい。

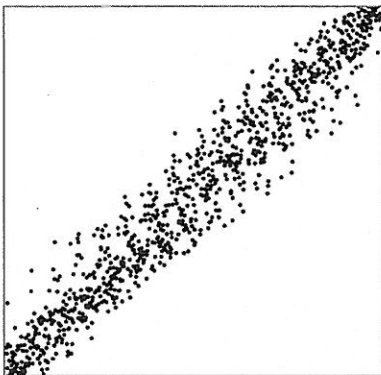


図 (ア)

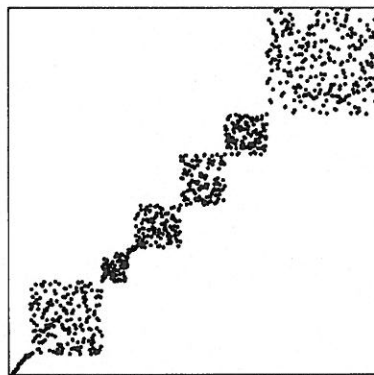


図 (イ)

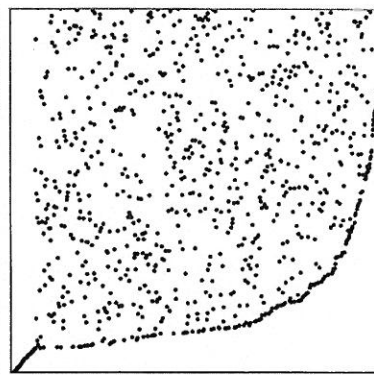


図 (ウ)

問題7 解答欄

(1)	sort1	sort2	sort3
(2)	sort1	sort2	sort3