17

平成３０年度　大阪大学基礎工学部編入学試験

［　エレクトロニクスコース専門科目　］試験問題

受験番号	志望学科・コース
	学科 コース

［エレ専門－１］

問題１　回路に関する以下の設問に答えよ．

(1) 図1に示す複素インピーダンスZ_1，Z_2，Z_3，Z_4，検流計Dおよび起電力E（複素数表示，角周波数ω）からなるブリッジ回路の平衡条件（Dに流れる電流が0となる条件）を考える．以下の文中の［ア］～［エ］にあてはまる適切な式または値を，Z_1，Z_2，Z_3，Z_4，E，ωのうち必要なものを用いて示せ．

Dに流れる電流が0のとき，端子a'を基準とすると，端子bとb'の電圧は，それぞれ［ア］，［イ］となる．平衡となるためには，端子bb'間の電位差は［ウ］となる必要があるので，平衡条件は［エ］と求まる．

(2) 図2に示す相互誘導回路（Mは相互インダクタンス，L_1，L_2は自己インダクタンス）の電圧（v_1，v_2）と電流（i_1，i_2）の間には

$$v_1 = L_1\frac{di_1}{dt} + M\frac{di_2}{dt},\quad v_2 = M\frac{di_1}{dt} + L_2\frac{di_2}{dt}$$

という式が成立する．ここで，c'とd'を接続し，コイルの一端を共通とした場合，図3に示すようなインダクタンスL_3，L_4，Mのみからなる等価回路に変形できる．L_3，L_4をL_1，L_2，Mのうち必要なものを用いて示せ．

ここで図3の回路では，その電圧と電流の間に

$$v_1 = L_3\frac{di_1}{dt} + M\frac{d(i_1+i_2)}{dt},\quad v_2 = M\frac{d(i_1+i_2)}{dt} + L_4\frac{di_2}{dt}$$

という式が成立することを利用してもよい．

(3) 図4に示す抵抗R_1，R_2，R_3，キャパシタンスC，相互誘導回路（Mは相互インダクタンス，L_1，L_2は自己インダクタンス），検流計Dおよび起電力E（複素数表示，角周波数ω）からなるブリッジ回路を考える．以下の問に答えよ．

(a) 問(2)で求めた関係を利用し，図4を相互インダクタンスを含まない回路に書き換えよ．

(b) 正弦波定常状態における平衡条件を示せ．なお，虚数単位はjとする．

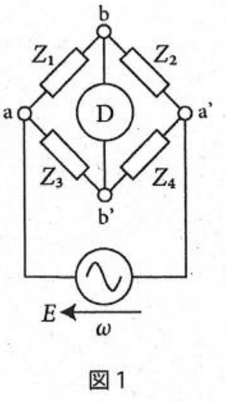


図1

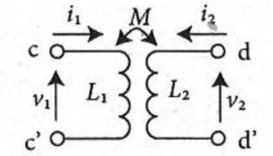


図2

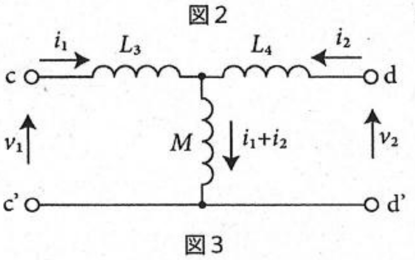


図3

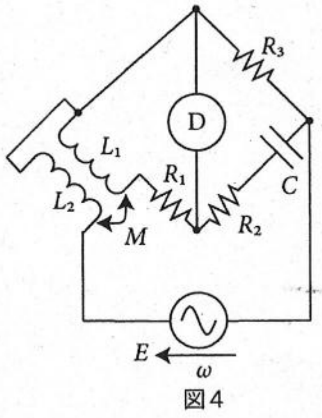


図4

平成３０年度　大阪大学基礎工学部編入学試験
［　エレクトロニクスコース専門科目　］試験問題

受　験　番　号	志望学科・コース
	学　科 コース

［エレ専門－２］

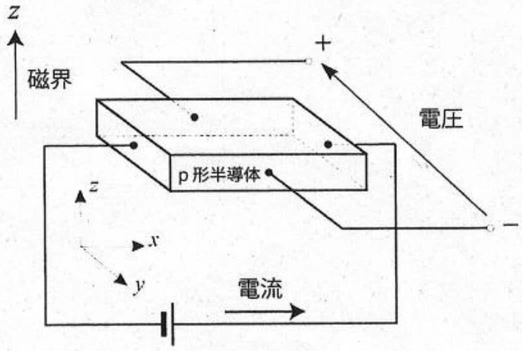
問題２ 半導体に関する以下の設問に答えよ．

(1) Si(シリコン)は $\boxed{\text{ア}}$ 構造と呼ばれる結晶構造を有しており，1個のSi原子の周りに4個のSi原子が $\boxed{\text{イ}}$ 結合を介して正四面体の頂点位置に存在する構造を単位として周期的に配列している．
$\boxed{\text{ア}}$ と $\boxed{\text{イ}}$ に入る適切な語句を示せ．

(2) Si以外のIV族元素の名称を1つ挙げ，元素記号も示せ．

(3) IV族真性半導体に不純物を添加(ドーピング)してp形半導体とした．
このとき，添加された不純物は一般的に $\boxed{\text{ウ}}$ と呼ばれ，例として $\boxed{\text{エ}}$ のような元素が挙げられる．
$\boxed{\text{ウ}}$ と $\boxed{\text{エ}}$ に入る適切な語句や元素記号を示せ．

(4) 右図のような端子配置で半導体のホール電圧を測定すると，図に示すような電圧が観測されたため，p形半導体であることが判った．その理由(原理)を簡単に説明せよ．



(5) 半導体中の伝導帯電子密度(濃度) nは，$n=\int_{E_C}^{\infty}N(E)f(E)\,dE$で与えられる．ここで，$E$はエネルギー，$E_C$は伝導帯の下端のエネルギーである．また，$N(E)$は伝導帯の状態密度，$f(E)$はフェルミ・ディラック分布関数であり，それぞれ次式で表される．

$$N(E) = 4\pi\left(\frac{2m}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}}(E - E_C)^{\frac{1}{2}}$$

$$f(E) = \frac{1}{1+\exp\left(\frac{E - E_F}{kT}\right)}$$

ただし，mは電子の有効質量，kはボルツマン定数，hはプランク定数，Tは絶対温度，E_Fはフェルミエネルギーである．

次の各問に答えよ．

(a) $E=E_F$において，電子の存在確率が $\frac{1}{2}$ であることを示せ．

(b) $E - E_F >> kT$ のとき，$f(E)\approx\exp\left(\frac{-(E - E_F)}{kT}\right)$と近似できるため，伝導帯電子密度 n は，$n=N_C\exp\left(\frac{-(E_C - E_F)}{kT}\right)$と表される．$N_C$を求めよ．ただし，解答用紙には $\frac{(E - E_C)}{kT} = x$ とおいて，$\int_0^{\infty}\sqrt{x}e^{-x}\,dx=\frac{\sqrt{\pi}}{2}$の関係を用いて計算過程を記述すること．