

幸

(全て持ち込み不可)

学生番号 _____ 氏名 _____

問1 4つの Maxwell の方程式を記せ. また Maxwell の方程式の物理的意味を説明せよ. (8)

問2 誘電率 ϵ が $\epsilon(\mathbf{r}, f)$ で与えられるとき, どのような媒質であるのか分類せよ. 分類の種類は4つである. ここで $\mathbf{r} = (x, y, z)$ である. ただし, 上付きの重線は行列を表す (8)

周波数	:	_____ 媒質	電界の強さ	:	_____ 媒質
場所	:	_____ 媒質	電界の向き	:	_____ 媒質

問3 変位電流とは何か説明せよ. また変位電流の単位を記せ. (4)

問4 境界での境界条件を記せ. また, 境界条件を利用して以下の問いに答えよ.

比誘電率 4 の無損失媒質を媒質 I, 比誘電率 1 の無損失媒質を媒質 II とする. 領域 I と II の境界は $y=0$ で与えられる. 領域 I の電界は境界上で $\mathbf{E}_I = (1, 2, 3)$ と与えられるとき, 境界面上での媒質 II 中の電束密度 \mathbf{D}_2 を求めよ. 導出過程を記述すること. (10)問5 3GHz の電磁波の空気中の波長 λ_0 の近似値 (cm) を記せ. また, 比誘電率 9 の媒質中の電磁波の速度 (cm/s) と波長 λ の近似値 (cm) と媒質中の周波数を記せ. (4)

問6 時間調和依存の電磁波とはどのような電磁波か説明せよ. (4)

問7 ポインティングベクトルの定義式と単位を記し, その大きさと方向はそれぞれ何を表すのか記せ. (4)

問8 誘電率 ϵ , 透磁率 μ の無損失媒質中の磁界の波動方程式を Maxwell の方程式から導出せよ. ただし, 波源はないものとする. (8)問9 真空中の波動方程式 $\nabla^2 \mathbf{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \mathbf{E}$ を時間調和振動で, x 方向に電磁波が伝搬していると仮定して解き, 電界ベクトル $\mathbf{E}(x, y, z, t)$ を求めよ. ただし, 電界は z 成分だけを持つものとする.(8) $\mathbf{E}(z, t) = E_0 e^{j(at+bz)} \mathbf{i}_x$ 問10 電界が _____ で与えられるとき, 電磁波の進行方向と伝搬速度を求めよ. ただし, a, b は実数である. (6)

問11 電磁波の伝搬方向を y と仮定して, 電界が伝搬方向に垂直であることを示せ. (8)

問12 等位相面を説明せよ. また, $\tilde{\mathbf{E}}(z, t) = \text{Re} \left[|E_0| e^{-a \cdot \mathbf{r}} e^{j(\omega t - \mathbf{b} \cdot \mathbf{r})} \right] \mathbf{i}_x$ の等位相面を求めよ. (6)

問13 平面波, 円筒波, 球面波の定義を示し, それらの特徴を知るだけ述べよ. (9)

問14 表皮の厚さとは何か説明せよ. また, 導電率 $90 \times 10^6 \text{ S/m}$ の導体に周波数 100MHz の電磁波が入射したときの表皮の深さを有効数字 2 桁で求めよ. $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ (7)

問15 電波の発生原理と伝搬の原理を説明せよ. (6)

電磁波工学 A 後半試験問題

令和 5 年 8 月 4 日 田中俊幸

持ち込み不可 (定規は使用可)

問 1 電磁波の必要性和問題点(注意が必要な点)について述べよ。(10)

問 2 定在波について以下の問に答えよ。(21)

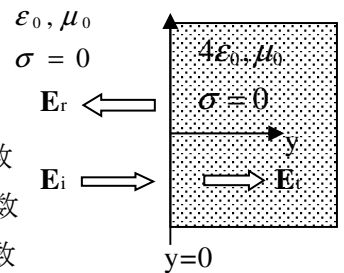
- (1) 定在波とは何か説明せよ。
- (2) 定在波はどのような時に生じていることが分かるか述べよ。
- (3) 定在波が生じる条件を示せ。
- (4) 定在波比 (SWR) とは何か説明し、SWR の範囲を記述せよ。また、定在波比から何が分かるのか説明せよ。
- (5) 電界が $E(z,t) = \{4je^{-j\beta z} + (1-j)e^{j\beta z}\}e^{j\omega t}\mathbf{i}_x$ で与えられるとき、定在波比、反射係数を求めよ。

問 3 偏波について以下の問に答えよ。(24)

- (1) 直線偏波を定義し、分類法を述べ、用途の違いを説明せよ。
- (2) 円偏波を定義せよ。伝搬方向に関連した円偏波の分類を説明せよ。
- (3) 軸比について説明せよ。また、円偏波の軸比と直線偏波の軸比を示せ。
- (4) 以下の式で与えられる電界の偏波の種類(垂直偏波、水平偏波、直線偏波、右回り円偏波、左回り円偏波、楕円偏波)を述べよ。ただし、地表面は zx 平面とする。
 (a) $E(z,t) = j\mathbf{i}_x e^{j(\omega t - \beta z)}$ (b) $E(z,t) = \{j\mathbf{i}_x - \mathbf{i}_y\}e^{j(\omega t - \beta z)}$ (c) $E(z,t) = \{(1+j)\mathbf{i}_x + 2j\mathbf{i}_y\}e^{j(\omega t - \beta z)}$
- (5) 電界が $E(z,t) = 2\{(3+j)\mathbf{i}_x - 2j\mathbf{i}_y\}e^{j(\omega t - \beta z)}$ で与えられるとき偏波の種類と軸比を示し、概略図を描け。

問 4 右図に示すように境界面に垂直に平面波が入射する場合を考える。ただし入射波、反射波および透過波は次式で与えられるものとする。以下の問に答えよ。
 ただし、 $k_0 = \frac{\omega}{c} = \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ は真空中の波数である。(24)

- 入射波 $E_i(y,t) = A\mathbf{i}_z e^{j(\omega t - k_1 y)}$ A, k_1 は入射波の複素振幅および伝搬定数
 反射波 $E_r(y,t) = B\mathbf{i}_z e^{j(\omega t + k_1 y)}$ B, k_1 は反射波の複素振幅および伝搬定数
 透過波 $E_t(y,t) = C\mathbf{i}_z e^{j(\omega t - k_2 y)}$ C, k_2 は透過波の複素振幅および伝搬定数

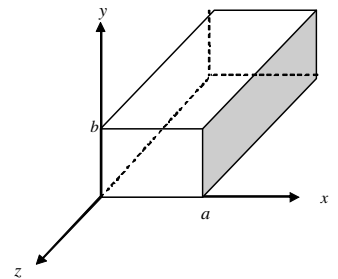


- (1) 入射波、反射波、透過波の伝搬定数(位相定数)を k_0 を用いて表せ。答えだけでよい。
- (2) 入射波、反射波、透過波の磁界を Maxwell の方程式から求めよ。
- (3) $z = 0$ での境界条件を述べよ。
- (4) 境界条件を適用し、電界の反射係数と透過係数を求めよ。
- (5) 入射波の複素ポインティングベクトルを求めよ。
- (6) 電力反射係数と電界の反射係数の関係、および電力保存則(電力反射係数と電力透過係数の関係)を利用して電力反射係数と電力透過係数を求めよ。

問 5 $a \times b$ ($a > b$) の方形導波管中を伝搬する TE 波に関する問に答えよ。
 z 方向の伝搬定数を γ とすると、電磁界は次式で与えられる。(22)

$$H_z(x, y, z, t) = H_z(x, y)e^{j\omega t - \gamma z} \quad E_x = -\frac{j\omega\mu_0}{k_c^2} \frac{\partial}{\partial y} H_z, \quad E_y = \frac{j\omega\mu_0}{k_c^2} \frac{\partial}{\partial x} H_z$$

- (1) TE 波とは何か説明せよ。
- (2) 方形導波管に対する $x=b$ での境界条件を式で示せ。
- (3) 方形導波管では電磁界は $H_z(x, y) = X(x)Y(y)$ と変数分離できるので、波動方程式から x に関する微分方程式 $\frac{1}{Y(y)} \frac{\partial^2}{\partial y^2} Y(y) = -k_y^2$ を得る。微分方程式の解 $Y(y)$ を示せ。
- (4) 導波管のカットオフ周波数とは何か説明せよ。
- (5) $a \times b$ の方形導波管の磁界の z 成分が次式で与えられるとき、各モードのカットオフ周波数を与える式を導出せよ。



$$H_z(x, y, z, t) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} H_{zmn}(x, y)e^{j\omega t - \gamma_{mn} z}, \quad \gamma_{mn}^2 = k_{cmn}^2 - \left(\frac{\omega}{c}\right)^2, \quad k_{cmn}^2 = k_{xm}^2 + k_{yn}^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2$$

- (6) $6\text{cm} \times 4\text{cm}$ の方形導波管で TE₁₀ モード、TE₂₀ モード、TE₀₁ モードのカットオフ周波数を求め、TE₁₀ モードだけが伝搬できる周波数帯を求めよ。