

電子情報工学科3年次

光波エレクトロニクス 試験問題

担当 栖原

問1 単一角周波数 ω の光波の屈折率 n の一様媒質中における自由伝搬に関する以下の各問に答えよ。

- (1) $+z$ 方向に伝搬する振幅 E_0 の x 方向直線偏光の平面波の複素表示電界 $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ を表す式を書け。
- (2) マクスウェルの方程式から(1)の平面波に付随する複素表示磁界 $\mathbf{H}(\mathbf{r})$ を表す式を導出し、波動インピーダンス Z について説明せよ。
- (3) 複素表示の電界をスカラー $E(\mathbf{r})$ で表すことができると仮定して、球座標 (r, θ, ϕ) 系の原点から発散する球面波を表す $E(\mathbf{r})$ の式を導出せよ。

$$\text{参考 (ラプラス演算子): } \Delta\phi = \nabla^2\phi = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \phi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \phi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \phi}{\partial \phi^2}$$

- (4) (3)の結果をパワー保存の観点から考察して説明せよ。

問2 屈折率が n_1 と n_2 ($n_1 > n_2$) の透明媒質が平面状境界で接していて、波長 λ の光波(平面波)が n_1 の媒質から入射角 θ_i で境界面に入射するとき、以下の各問に答えよ。

- (1) 屈折角を θ_t として屈折の法則を表す式を書き、これを波動ベクトル図で表せ。
- (2) 臨界角 θ_c を表す式を求め、 $\theta_i > \theta_c$ のときに生じる現象の名称を書いて説明せよ。
- (3) P偏光とS偏光について説明し、境界でのP偏光とS偏光のパワー反射率 R_P と R_S の入射角 θ_i 依存性を臨界角 θ_c とブルースター角 θ_B とともにグラフに図示せよ。
- (4) S偏光平面波が $\theta_i > \theta_c$ を満たす角 θ_i で入射するときのエバネッセント波とその浸透深さ d およびグース-ヘンヒェンシフト $2s$ について図と文章で説明せよ。

問3 光波の干渉とコヒーレンスに関する以下の各問に答えよ。

- (1) マッハ-ツェンダー干渉計の構成と光路を表す図を描いて文章で簡単に説明せよ。
- (2) 厚さ h で屈折率が n の透明な平行平板に真空中から真空中波長 λ の平面波が垂直入射し平板中を往復伝搬する(入射角=屈折角=0°)ときの多重干渉を考える。まず平板中の光波一往復に対応する位相回転(一巡位相) ϕ を表す式を書け。次にパワー透過率 I_t/I_i の ϕ 依存性を表すグラフを描き、この特性を物理的理由を含めて説明せよ。
- (3) 周波数幅 $2\Delta f_w$ の準単色光のコヒーレンス時間 τ_c とコヒーレンス長 L_c を表す式を書け。
- (4) (3)の光が分岐して伝搬した後に再び重畳されたとき生じる干渉縞の可視度 V と光路差 L の関係について図(またはグラフ)と文章で説明せよ。

問4 光波の回折に関する以下の設問に答えよ。

- (1) 屈折率 $n=1$ の xyz 空間の $z=0$ の xy 面を入射面として、この入射面上で複素振幅が $E_0(x,y)$ で与えられる光波のフラウンホーファ領域内の観測面($z=Z>0$ の XY 面)上の複素振幅を $E_1(X,Y)$ とする。 $E_0(x,y)$ と $E_1(X,Y)$ の関係について数式と文章で説明せよ。
- (2) x 方向の幅 d のスリットに平面波が入射するとき XY 面にできる光強度分布 $I(X)$ を表す式とグラフ、回折限界広がり角 2θ を表す式を書き、文章で説明せよ。
- (3) 屈折率 $n=1$ の空間に置かれた周期 Λ の薄い透過型グレーティングに波長 λ の平面波が入射角 θ_i で入射するときに生じる回折現象を、波動ベクトル図および簡単な数式と文章で説明せよ。