

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、藤村

問1 球座標系 (r, θ, ϕ) の原点から発散する真空中の角周波数 ω の球面波の電界振幅を複素表示のスカラー関数 $E(r)$ で表す。波動方程式 $(\nabla^2 + k^2)E(r) = \frac{1}{r} \frac{\partial^2}{\partial r^2} rE(r) + k^2 E(r) = 0$ ($k = \omega/c$, c は光速) から、 $E(r)$ を表す式を導け。次に真空の波動インピーダンスを $Z_0 = (\mu_0/\epsilon_0)^{1/2}$ として、磁界振幅を表すスカラー関数 $H(r)$ 、単位断面積当たりのパワー密度 $W(r)$ を表す式を書け。さらにこの球面波は発散伝搬しても全パワーは変化しないことを示せ。

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) 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 依存性をグラフに図示せよ。
- (3) 反射波と透過波の電界ベクトルの直交条件からブルースター角 θ_B を表す式を導き、 $\theta_i = \theta_B$ としたときに起こる現象について説明せよ。

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) 長さ L_1 と L_2 ($L_1 \leq L_2$) のアーム1とアーム2を持つ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) 上記干渉計の光路分岐点において振幅 $E(t)$ で表される光波が入射した場合を考え、 $E(t)$ のフーリエ変換を $E(\omega)$ とする。アーム1と2を通して合流点に達する光波の振幅 $E_1(t) = E(t - \tau_1)$, $E_2(t) = E(t - \tau_2)$ を $E(\omega)$ を使って表す式を書け。ここで重要でない係数は省略し、 $\tau_1 = L_1/c$, $\tau_2 = L_2/c$ とした。 c は光速である。
- (3) 上記の光波が中心角周波数 ω_0 、スペクトル幅 $2\Delta\omega_w = 2(2\pi\Delta f_w)$ を持つ準単色光であるとき、 $\tau = \tau_2 - \tau_1$ として $E_1(t)$, $E_2(t)$ の各周波数成分の位相差について考察し、 $E_1(t)$, $E_2(t)$ の間の干渉が明確に観測されるための条件を導出せよ。
- (4) コヒーレンス時間とコヒーレンス長について説明せよ。

問4 xyz 座標系で表わされる空間(屈折率 $n=1$ とし、入射面を xy 面 ($z=0$ 面) とする)の z 軸近傍を $+z$ 方向に伝搬する波長 λ の光波の回折に関する次の各問に答えよ。

- (1) フレネル領域とフラウンホーファ領域について図を用いて説明せよ。
- (2) 入力面上の光波複素振幅 $E_0(x, y)$ とフラウンホーファ領域内の観測面 ($z=Z$ の XY 面) 上の複素振幅 $E_1(X, Y)$ の関係について数式と文章で説明せよ。
- (3) 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。

問5 屈折率 $n=1$ の媒質内に置かれた周期 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。