

- (注) ① 計算問題は必ず途中経過を書くこと。答えの単位も書くこと。
② 教科書、ノートはしまうこと。携帯電話のスイッチを切ること。
③ 電卓、携帯電話等を使用してはいけない。

1. 次の文章が合っていれば○、間違っていれば×を記入せよ。(20 点)

- (1) 開口数 (NA) の大きいレンズほど、光ビームを小さく絞れる。
- (2) ディスプレイは画素数が多いほど、コントラストが高くなる。
- (3) CRT は陽極を熱して電子を放出させる。
- (4) 逆バイアスをかけた Si のホットダイオードに波長 $1.5 \mu\text{m}$ の光を入射すると、光電流が流れる。
- (5) 赤外線は紫外線に比べて、回折の効果が小さい。
- (6) 光学伝達関数 (OTF) は、コヒーレント光に対して定義される。
- (7) 光ディスクでは、bit を読み取るために干渉の効果を利用している。
- (8) ディスプレイで黄色を出す場合、黄色のフィルタを使う。
- (9) テレビ用ディスプレイの画素はパソコン用ディスプレイの画素より大きい。
- (10) CCD は雑音を小さくするのが難しいので、使われなくなる傾向にある。

2. 波長 $0.8 \mu\text{m}$ 、直径 2 mm の光ビームを凸レンズに入射したところ、集光された光スポットの大きさは $2 \mu\text{m}$ になった。同じレンズに、波長 $0.6 \mu\text{m}$ で直径 1 mm の光ビームを入射したとき、集光スポットの大きさを求めよ。なおこのレンズの収差は無視できるとする。(10 点)

3. ディスプレイに空間周波数 0.6 lp/mm の縞模様を水平方向に表示した。コントラストが 0.95 の入力信号を入力したところ、表示された縞模様の最大輝度は 100 、最小輝度は 20 であった。(10 点)

- (1) 表示された縞画像のコントラストを求めよ。
- (2) このときの変調伝達関数 (MTF) の値を求めよ。

4. z 方向に伝搬する波長 $0.5 \mu\text{m}$ の平面波が、 $z=0$ にあるスリットに垂直入射した。スリットは $x=0$ を中心に幅 $5 \mu\text{m}$ の開口をもち、 y 方向には一様である。(15 点)

- (1) このスリットの透過率 $t(x)$ を矩形関数 (rect 関数) を用いて表せ (x の単位は μm とせよ)。
- (2) スリットの透過率 $t(x)$ のフーリエ変換を求めよ。
- (3) スリットから出た回折光は z 軸方向で最も明るい。十分に遠方で、回折光が最初に暗くなる方向は、 z 軸からおよそ何 rad の方向か。

5. インコヒーレント結像光学系の光学伝達関数（OTF）が次のように記述される。

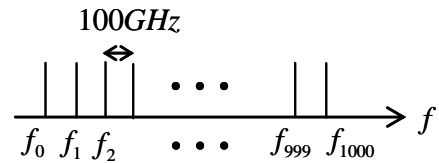
$$H(\Omega_x) = \left(1 - \frac{|\Omega_x|}{\Omega_c}\right) \text{rect}\left(\frac{\Omega_x}{2\Omega_c}\right)$$

このとき、次ぎの間に答えよ。（15点）

(1) 空間角周波数 Ω_x を横軸にとって、この光学伝達関数のグラフを描け。

(2) 強度分布 $f(x) = \cos\frac{\Omega_c}{2}x$ の縞画像がこの光学系に入射したとき、出力画像の強度分布を求めよ。

6. 右の図のように $f_0 = 500\text{THz}$ から $f_{1000} = 600\text{THz}$ まで、
100GHz 間隔で線スペクトルが並んだ光源がある。



このような光を周波数コム光とよぶ。（15点）

(1) $f_0 = 500.0\text{THz}$ と $f_1 = 500.1\text{THz}$ の2つの光の波長差を nm 単位で求めよ。

(2) $f_{999} = 599.9\text{THz}$ と $f_{1000} = 600.0\text{THz}$ の2つの光の波長差を nm 単位で求めよ。

なお、それぞれの計算には近似を用いて、小数点以下3桁まで求めよ。

(3) 上の2つの結果が異なる理由を簡単に説明せよ。

7. 周波数が等しく偏波面のそろった2つのレーザー光（平面波）の複素振幅を、それぞれ u_1 , u_2 とする。それぞれの光を単独でフォトダイオードで検出したときの出力は、光パワーに比例するので、(係数を省略して) それぞれ $|u_1|^2$, $|u_2|^2$ と表すことにする。重なって同一方向に進む2つの光をフォトダイオードで検出するとき、次の問いに答えよ。（20点）

(1) 2つの光が互いに時間的にコヒーレントであり、かつ互いの位相が π ずれているとき、フォトダイオードの出力を求めよ。

(2) 2つの光が互いに時間的にインコヒーレントであるとき、フォトダイオードの出力を求めよ。

(3) 2つの光の周波数が僅かに Δf だけずれているとする。フォトダイオードの帯域が Δf より大きい場合、その出力を求めよ。

(4) 上記(3)の設問で、フォトダイオードの帯域が Δf より小さい場合には、出力はどうなるか。