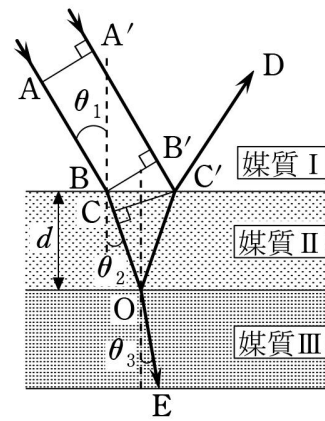


図のように、媒質Ⅰ、厚さ  $d$  の媒質Ⅱ (薄膜) および媒質Ⅲ (ガラス) の3つの媒質が接し、光が入射角  $\theta_1$  で媒質Ⅰから媒質Ⅱに入射する。入射する光の一部はそれぞれの媒質の境界で反射する。媒質Ⅰ、Ⅱ およびⅢの屈折率 (絶対屈折率) をそれぞれ  $n_1$ 、 $n_2$  および  $n_3$  とし、



$n_1 < n_2 < n_3$  の関係があるとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 媒質Ⅰ、Ⅱ およびⅢの中での光の速さを  $v_1$ 、 $v_2$  および  $v_3$  とし、真空中での光の速さを  $c$  とするとき、それぞれの媒質の屈折率  $n_1$ 、 $n_2$  および  $n_3$  を  $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$  および  $c$  を用いて表せ。
- (2)  $AA'$ 、 $BB'$  および  $CC'$  は入射する光の波面である。光が経路  $ABCO$  を通るときの入射角  $\theta_1$ 、屈折角  $\theta_2$  および屈折率  $n_1$  と  $n_2$  の間に成り立つ関係式を表せ。
- (3) 媒質Ⅰに対する媒質Ⅱの相対屈折率を  $n_{12}$ 、媒質Ⅱに対する媒質Ⅲの相対屈折率を  $n_{23}$  とするとき、それぞれの相対屈折率  $n_{12}$  と  $n_{23}$  を屈折率  $n_1$ 、 $n_2$  および  $n_3$  を用いて表せ。
- (4) 媒質Ⅰを真空とする。真空中での波長が  $\lambda$  である光が、2つの経路  $ABCOC'D$  と  $A'B'C'D$  で光路差  $\delta$  を生じ、干渉する。ただし、光路差は光路長の差であり、光路長は光の経路の長さに媒質の屈折率をかけた長さである。以下の手順にしたがって干渉の条件を求めよ。
  - (a) 光路差  $\delta$  を屈折率  $n_2$ 、屈折角  $\theta_2$  および媒質Ⅱの厚さ  $d$  を用いて表せ。
  - (b) 境界面で光が反射する場合、位相が  $\pi$  だけ (半波長分) 変化するのは次のいずれの境界面か。(ア)、(イ)の記号で答えよ。
    - (ア) 光が屈折率の小さい媒質から大きい媒質に進むときの境界面
    - (イ) 光が屈折率の大きい媒質から小さい媒質に進むときの境界面
  - (c) 干渉の結果、2つの経路を通った光が弱めあう条件は次のいずれか。(ア)、(イ)の記号で答えよ。
    - (ア)  $\delta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ )
    - (イ)  $\delta = m\lambda$  ( $m = 1, 2, \dots$ )
- (5) 複数枚のレンズを使用する一般の光学系では、レンズ表面からの反射光を弱めるために、その表面に透明な薄膜が形成されている。いま、媒質Ⅰ (真空) での波長  $\lambda$  が  $540 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) の光が媒質Ⅱ (薄膜) を通り、媒質Ⅲ (ガラス) のレンズに垂直入射する場合、反射光が干渉によって弱めあうための媒質Ⅱ (薄膜) の最小の厚さ  $d$  [nm] はいくらか。ただし、媒質Ⅱの屈折率は  $n_2 = 1.35$  とする。

## 解説

媒質の屈折率は、光が真空から媒質へ進むときの屈折率である。これと屈折の法則を組み合わせて使う。干渉の条件では、どの面の反射で位相のずれが生じるかを考える。

$$(1) \quad n_1 = \frac{c}{v_1}, \quad n_2 = \frac{c}{v_2}, \quad n_3 = \frac{c}{v_3}$$

$$(2) \quad \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$(3) \quad n_{12} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

同様にして  $n_{23} = \frac{n_3}{n_2}$

(4) (a) 媒質ⅡとⅢの境界面に関する点  $C'$  の対称点を  $C''$  とする。  $CC'$  が入射する光の波面であるから、光路差  $\delta$  は

$$\begin{aligned} \delta &= n_2(CO + OC') \\ &= n_2(CO + OC'') \\ &= n_2 \cdot CC'' = n_2 \cdot C'C'' \cdot \cos \theta_2 = 2n_2 d \cos \theta_2 \end{aligned}$$

(b) (ア)

(c)  $n_1 < n_2 < n_3$  (媒質Ⅰが真空でも、この条件は変わらない) なので、媒質ⅠとⅡの境界面でも、媒質ⅡとⅢの境界でも、反射により位相が  $\pi$  ずれるので、位相のずれがないのと同じになる。したがって、2つの経路を通った光の光路差が半波長の奇数倍のとき弱めあう。

…… (ア)

(5) (4) の (a) の式で、  $\theta_2 = 0^\circ$  とおくと

$$\delta = 2n_2 d \cos 0^\circ = 2n_2 d$$

ガラスの屈折率は 1.5 程度以上なので、

$n_1 < n_2 < n_3$  だから、弱めあう条件は

$$\delta = 2n_2 d = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

最小の厚さは  $m = 0$  の場合で

$$d = \frac{\lambda}{4n_2} = \frac{540}{4 \times 1.35} = 1.00 \times 10^2 \text{ (nm)}$$

