

光の干渉を利用するとガラス板に密着した薄膜の膜厚を測定することができる。平行平面ガラス板 A と B があり。図 1 のようにガラス板 B の一部は膜厚 d [m] の薄膜 F でおおわれている。図 2 に示すように、空中でこれらのガラス板 A と B を傾斜角 θ でくさび状に重ね、波長 λ [m] の単色平行光線をガラス板 B に対して垂直になるように上からあてた。そして、ガラス板 A 上からその反射光を見たところ、図 3 に示すような階段状の暗い干渉縞(以下では暗線と呼ぶ)が観察された。ガラス板 A とガラス板 B の接点を P とし、またガラス板 A と薄膜 F の接点を O とすると、P と O の間には暗線は観察されなかった。接点 O から測った薄膜 F 上の m 番目と $(m+1)$ 番目の暗線までの距離を、それぞれ X_m [m] および X_{m+1} [m] とし、また接点 O から測ったガラス板 B 上の m 番目と $(m+1)$ 番目の暗線までの距離をそれぞれ X'_m [m] および X'_{m+1} [m] とする。いずれの暗線も平行で、間隔は a [m] であった。薄膜 F 上とガラス板 B 上にできた m 番目の暗線のずれは b [m] であった。図 3 には X_m , X'_m , X_{m+1} および X'_{m+1} の位置における暗線のみを示している。空気の絶対屈折率を 1, ガラス板 A と B および薄膜 F の絶対屈折率は 1 よりも大きく、また薄膜 F は光を透さないものとし、以下の問いに答えよ。



図 1

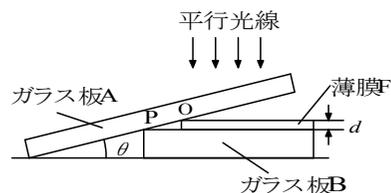


図 2

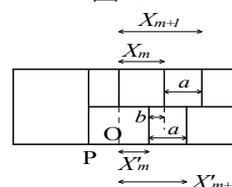


図 3

- (1) P と O の間に暗線は観察されなかった。このときの d と λ の関係を示せ。
- (2) X_m と X'_m の位置において干渉縞が暗線となるための条件式をそれぞれ X_m , θ , λ , m および X'_m , θ , λ , d , m を用いて表せ。
- (3) 暗線の間隔 a を θ と λ を用いて表せ。
- (4) 暗線のずれ b を θ と d を用いて表せ。
- (5) 薄膜 F の膜厚 d を a , b , λ を用いて表せ。

(解説)くさび形空気層の干渉だが、問題文をよく読んで、どこで反射した光が干渉しているのかをよく考えること。「薄膜は光を通さない」と問題文になるので、薄膜のある部分ではガラス板 A の下面と薄膜の上面で反射した光の干渉である。また、薄膜のない部分ではガラス板 A の下面とガラス板 B の上面で反射した光の干渉である。ガラス板 A, B も薄膜も空気より屈折率は大きいと考えられるので、ガラス板 A の下面の反射では位相は変化せず、薄膜あるいはガラス板 B の上面での反射では位相が変化する。ゆえに暗線が見える条件は

$$\text{光路差} = m\lambda$$

となる。

(1) PとOの間には薄膜はない。この間に暗線がないのは、Oでも光路差が $m = 1$ の暗線の条件を満たさないからである。ゆえに

$$2d < \lambda \quad \dots \text{(答)}$$

(2) 図 1 のように薄膜のあるところで光路差は $2X_m \tan \theta$ であるので

$$2X_m \tan \theta = m\lambda \quad \dots \text{①} \quad \dots \text{(答)}$$

また、図 2 のように薄膜のないところで光路差は $2(d + X'_m \tan \theta)$ であるので

$$2(d + X'_m \tan \theta) = m\lambda \quad \dots \text{②} \quad \dots \text{(答)}$$

(3) 隣り合う暗線の位置では、光路差の差は $2a \tan \theta$ であり、これが λ に相当するので

$$2a \tan \theta = \lambda$$

$$\therefore a = \frac{\lambda}{2 \tan \theta} \quad \dots \text{③} \quad \dots \text{(答)}$$

これは、薄膜の有無には関係がない。

(4) ①, ②式よりそれぞれの暗線の位置を求めると

$$X_m = \frac{m\lambda}{2 \tan \theta}, \quad X'_m = \frac{m\lambda}{2 \tan \theta} - \frac{d}{\tan \theta}$$

OP間に暗線はないので、 X_m と X'_m は隣り合っている。ゆえに

$$b = X_m - X'_m = \frac{d}{\tan \theta} \quad \dots \text{④} \quad \dots \text{(答)}$$

(5) ③, ④式より $\tan \theta$ を消去して d を求める。

$$d = \frac{b\lambda}{2a} \quad \dots \text{(答)}$$

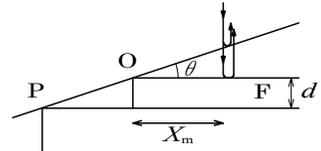


図 1

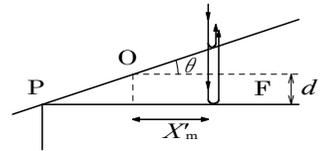


図 2