The 4th Homework of Optics

肖涵薄 31360164

2018 年 11 月 5 日

3-1

双缝干涉中条纹间距为

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{d}$$

代入 $D = 3000mm$, $d = 0.1mm$, $\lambda = 486.1 \times 10^{-6}mm, 589.3 \times 10^{-6}mm, 656.3 \times 10^{-6}mm$:

$$\Delta x_F = 14.6mm$$

$$\Delta x_D = 17.7mm$$

$$\Delta x_C = 19.7mm$$

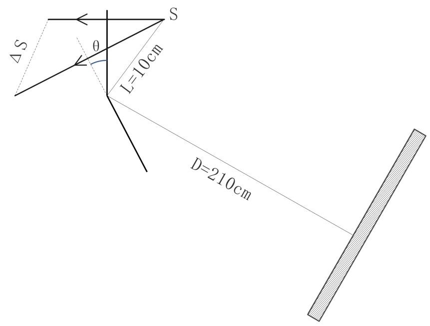
3-4

当两股等长时，相位差 $\varphi = 0$ 当拉长 d 后，B 方向长度增加 $2d$，且相位差 $\varphi = \pi$，即此时波程相差 $\lambda/2$，即：

$$\lambda/2 = 2d = 2 \times 16cm \Rightarrow \lambda = 64cm$$

3-5

(1)



$$\Delta S = 2L\sin\theta = 20\sin\left(\frac{\pi}{540}\right)cm$$

条纹间距

$$\Delta x = \frac{\lambda(R+D)}{\Delta S} = \frac{3\left(210+10\cos\left(\frac{20\pi}{60\ 180}\right)\right)}{5000\left(20\sin\left(\frac{\pi}{540}\right)\right)} = 1.13mm$$

(2)

两虚光源与平面镜交点连线与光屏与平面镜交点连线所成夹角为 θ
则能形成条纹的范围为：

$$L_0 = 2D\tan\theta = 24.43mm$$

条纹数量为：

$$N = L_0/\Delta x \approx 22$$

(3)

此时光源间距 ΔS 扩大一倍，光源到光屏距离 D' 增加少许，条纹间距减半，条纹数量翻倍：

$$\Delta S' = 2L'\sin\theta = 40\sin\left(\frac{\pi}{540}\right)cm$$

$$\Delta x' = \frac{3\left(210+20\cos\left(\frac{20\pi}{60\ 180}\right)\right)}{50000\left(40\sin\left(\frac{\pi}{540}\right)\right)} = 0.59mm$$

$$N = L_0/\Delta x' \approx 44$$

(4)

若光源横向移动，光源间距不变，因此条纹间距，数量均不变，但双像中垂线与光屏交点会移动，导致零级位置转动角 $\delta x = \frac{C}{B}\delta s$。在光屏上的表现就是所有条纹沿垂直于条纹方向反向平移。

(5)

题述即要求条纹平移低于 Δx，光源的极限宽度为：

$$b_0 = \frac{R}{D}\Delta x = 0.054mm$$

3-6

入射角

$$i = 3'30'' = \frac{7\pi}{21600}$$

则可计算出折射角为

$$j = \arcsin\left(n \sin i\right) \approx 0.00152716$$

折射光线与水平夹角为

$$\alpha = j - i \approx 0.000509055$$

$\Rightarrow$ 屏幕上出现条纹的长度为

$$L = 5m \tan \times \alpha \times 2 = 5.09055mm$$

条纹间距为

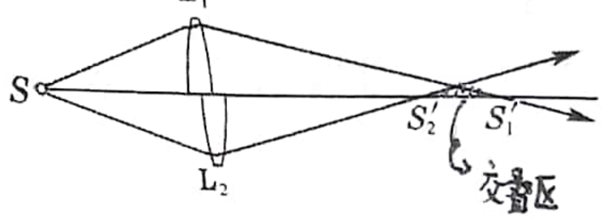
$$\Delta x = \frac{\lambda D}{d} = \lambda \cot 2\alpha = 0.491106mm$$

根据上面的计算可以得到条纹数量

$$N = \frac{L}{\Delta x} \approx 10$$

3-8

(1)



习题 3 - 8

(2)

呈现为明暗交替的同心圆。

(3)

L_1 所成像位置：

$$x_1' = s_1 + s_1' = 60 + \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{s_1}} = 120cm$$

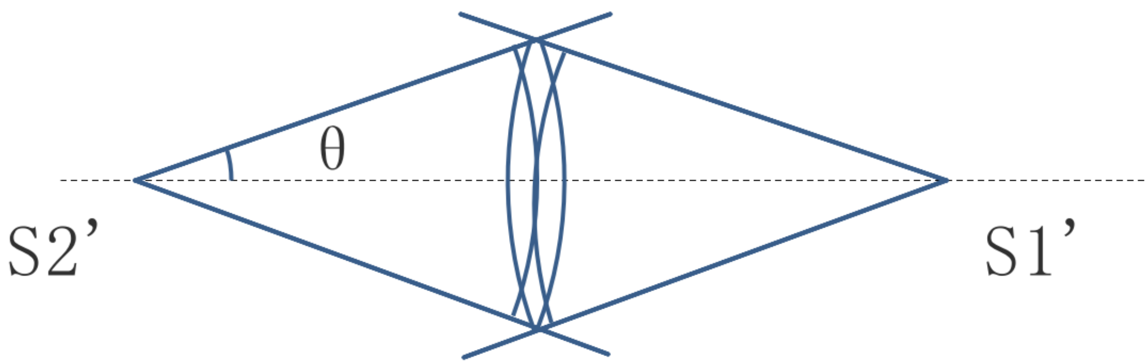
L_2 所成像位置：

$$x_2' = s_2 + s_2' = 62 + \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{s_2}} = 120.125cm$$

则中点距离为：

$$s'_{ave} = \frac{x_1' + x_2'}{2} - 62 = 58.0625$$

(3)



如图，设条纹间距为 Δx，则在相差一个波长的两处：

$$\cos\theta = \frac{x_2' - x_1'}{2} / (\frac{x_2' - x_1'}{2} + \lambda)$$

$$\tan\theta = \Delta y / \frac{x_2' - x_1' + \lambda}{2}$$

$\Rightarrow$ 条纹间距为：

$$\Delta y = \sqrt{(\frac{x_2' - x_1'}{2} + \lambda)^2 - (\frac{x_2' - x_1'}{2})^2}$$
$$= 0.007cm$$

3-9

(1)

此时 S_1 方向容器内光程增加，因此外部光程需减小，条纹上移。

(2)

增加氯气后容器内增加的光程：

$$L_i = l(n_{Cl} - n_{air})$$

外部减少的光程：

$$L_o = 20\lambda n_{air}$$

二者相等：

$$l(n_{Cl} - n_{air}) = 20\lambda n_{air} \Rightarrow n_{Cl} = 1.000865$$

3-14

(1)

条纹间距与顶角的关系为：

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\Delta h}{l}$$

$$\Rightarrow \Delta h = 0.029465mm$$

按压 G_1, G_2 中央位置，较长的一块倾角会变大，条纹变密。

(2)

由上面的推导可以知道 T 与 G_2 间的倾角更大

$$\alpha_1 = 0.0005893$$

$$\alpha_2 = 0.000982167$$

工件 G_2 有法线朝右上角的倾角 $\Delta\alpha = 0.000393 = 1.351'$

3-16

(1)

可以将干涉分解为一次从半反射膜到 P 区表面的干涉和 P 区表面到半导体表面的干涉，前者沿横向的轴翻转，因此产生了横向的条纹，后者沿纵向的轴反转，因此产生了纵向的条纹，最后形成的斜向条纹为两个干涉条纹的叠加。

(2)

总倾角为：

$$\alpha = \frac{\lambda}{2\Delta x} = 0.001375$$

AB 之间共有 4.5 条条纹。可以得到半反射膜翻转角度：

$$\alpha_b = \frac{\lambda}{2\Delta x} = 0.001125$$

则半导体倾角为：

$$\alpha_a = \sqrt{0.001375^2 - 0.001125^2} = 0.00079$$

节深

$$x_j = l_{AB} \tan \alpha_a = 0.00151mm$$

(3)

该方法没有准确判断半反射膜与半导体接触位置的困难。

3-20

(1)

由于入射光线靠近法线，强度反射率 R 满足：

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2 = 0.298$$

(2)

$$n_{film} = \sqrt{n_{glass}n_{air}} = 1.844$$

$$h = (\frac{1}{4} + \frac{k}{2})\frac{\lambda}{n_{film}} = 126.091 + 252.182k\ nm(k = 0, 1, 2...)$$

取 k=0,

$$h = \frac{1}{4}\frac{\lambda}{n_{film}} = 126nm$$

(3)

此时仍能保持 $n_{glass} > n_{MgF_2} > n_{air}$，能增透，
第一次玻璃-膜反射，振幅反射率为：

$$r_1 = \frac{n_{glass} - n_{film}}{n_{glass} + n_{film}} = 0.42259$$

第一次反射光振幅为：

$$A_1 = r_1 A_0 = 0.42259A_0$$

第二次膜-空气反射，振幅反射率为：

$$r_2 = \frac{n_{film} - n_{air}}{n_{film} + n_{air}} = 0.15967$$

第二次反射光经过 2 次透射 1 次反射，振幅为：

$$A_2 = \sqrt{(1 - r_1^2)}r_2\sqrt{(1 - r_1^2)}A_0 = 0.13115A_0$$

由于二者反相，可得到反射光强为：

$$I_r = (A_2 - A_1)^2 = 0.085A_0^2$$

则反射率为：

$$R = \frac{I_r}{I} = 8.5\%$$

(4)

此时仍能保持 $n_{glass} > n_{ZnS} > n_{air}$，能增透，
第一次玻璃-膜反射，振幅反射率为：

$$r_1 = \frac{n_{glass} - n_{film}}{n_{glass} + n_{film}} = 0.182609$$

第一次反射光振幅为：

$$A_1 = r_1 A_0 = 0.182609 A_0$$

第二次膜-空气反射，振幅反射率为：

$$r_2 = \frac{n_{film} - n_{air}}{n_{film} + n_{air}} = 0.402985$$

第二次反射光经过 2 次透射 1 次反射，振幅为：

$$A_2 = \sqrt{(1 - r_1^2)} r_2 \sqrt{(1 - r_1^2)} A_0 = 0.389547 A_0$$

由于二者反相，可得到反射光强为：

$$I_r = (A_2 - A_1)^2 = 0.0428 A_0^2$$

则反射率为：

$$R = \frac{I_r}{I} = 4.28\%$$