

## 光学作业#5

陈稼霖 45875852

2018.11.22

### 3-23

(1)

解：  $M_1$  移动的距离为

$$\Delta h = N \frac{\lambda}{2} = 2.9465 \mu m$$

(2)

解：设开始时中心亮斑的干涉级为  $k$ ，视场角范围为  $\theta$ 。移动平面镜前，视场中心亮环对应的光程差为

$$\Delta L_0 = 2h = k\lambda$$

视场边缘亮环对应的级数为  $(k - 12)$ ，光程差为

$$\Delta L_1 = 2h \cos \theta = (k - 12)\lambda$$

移动平面镜后，视场边缘亮环对应的级数为  $(k - 10 - 15)$ ，光程差为

$$\Delta L_2 = 2(h - \Delta h) \cos \theta = (k - 10 - 5)\lambda$$

以上三式联立解得

$$k = \frac{24\Delta h}{2\Delta h - 3\lambda} \approx 17$$

故开始时中心亮斑的干涉级为17。

(3)

解：  $M_1$  移动后，从中心向外数第5个亮环的干涉级为  $k - 10 - 5 \approx 2$ 。

### 3-25

解：干涉条纹由最清晰到最模糊的过程中光程差的变化值为

$$\Delta L = \frac{\lambda^2}{2\Delta\lambda} = N\lambda$$

解得钠双线的两个波长之差为

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{2N} = 0.6nm$$

故钠双线的两个波长分别为

$$\lambda_1 = \lambda + \frac{\Delta\lambda}{2} = 589.6nm$$

$$\lambda_2 = \lambda - \frac{\Delta\lambda}{2} = 589.0nm$$

### 3-27

解：这台仪器测长精度为

$$\delta l = \delta N \frac{\lambda}{2} = 32nm$$

一次测长量程即空间相干长度的二分之一，为

$$L = \frac{\lambda^2}{2\Delta\lambda} = 2.00m$$

### 3-28

(1)

解：迈克尔逊干涉仪的吞（吐）一圈条纹镜面所要移动的距离为

$$l = \frac{\lambda}{2}$$

电信号的周期即为镜面移动以上距离所需的时间

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{l}{v} = \frac{\lambda}{2v}$$

解得入射光的波长为

$$\lambda = \frac{2v}{\nu}$$

(2)

解：反射镜平移的速度为

$$v = \frac{\lambda\nu}{2} = 15\mu m/s$$

(3)

解：钠黄光双线的电信号频率分别为

$$\begin{aligned}\nu_1 &= \frac{2v}{\lambda_1} \\ \nu_2 &= \frac{2v}{\lambda_2}\end{aligned}$$

产生的电信号的拍频为

$$\Delta\nu = \nu_1 - \nu_2 = 2v\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right) \approx \frac{2v\Delta\lambda}{\lambda^2}$$

代入 $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = 0.6nm$ ,  $\lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = 589.3nm$ , 解得电信号拍频为

$$\Delta\nu = 5.2 \times 10^{-2}Hz$$

### 3-29

解：法布里-珀罗干涉仪的色分辨本领为

$$\frac{\lambda}{\delta\lambda} = \pi k \frac{\sqrt{R}}{1-R}$$

干涉级数和间距之间的关系为

$$2nh = k\lambda$$

以上两式联立解得所需间隔 $h$ 为

$$h = \frac{1-R}{2n\pi\sqrt{R}} \frac{\lambda^2}{\delta\lambda} = 2.94cm$$

### 3-31

(1)

解：干涉级数和间距之间的关系为

$$2nh \cos \theta = k\lambda$$

中心处 $\cos \theta = 1$ , 解得中心干涉级数为

$$k = \frac{2nh}{\lambda} \approx 1.7 \times 10^5$$

(2)

解：在倾角为 $1^\circ$ 附近干涉环的半角宽度为

$$|\Delta i| = \frac{\lambda}{2\pi n h \sin i} \frac{1-R}{\sqrt{R}} = 2.2 \times 10^{-6}rad = 0.45''$$

(3)

解：该法-珀腔分辨谱线可分辨的最小波长间隔为

$$\delta\lambda = \frac{\lambda}{\pi k} \frac{1-R}{\sqrt{R}} = \frac{\lambda^2}{2n\pi h} \frac{1-R}{\sqrt{R}} = 2.3 \times 10^{-14} m = 2.3 \times 10^{-5} nm$$

色分辨本领为

$$\frac{\lambda}{\delta\lambda} = 2.6 \times 10^7$$

(4)

解：法-珀腔透射率公式为

$$\eta_T = \frac{1}{1 + \frac{4R \sin^2(\delta/2)}{(1-R)^2}}$$

其中相邻光线之间的相位差为

$$\delta = \frac{4\pi nh}{\lambda}$$

透射率达到峰值的条件为

$$\frac{2\pi nh}{\lambda} = k\pi, \quad k = \pm 1, \pm 2, \dots$$

解得透射率达到峰值的光线波长为

$$\lambda = \frac{2nh}{k}$$

可见光波长范围为 $[400nm, 760nm]$ ，其对应的干涉级数满足

$$400nm < \frac{2nh}{k} < 760nm$$

解得干涉级数范围

$$1.3 \times 10^5 < k < 2.5 \times 10^5$$

故透射最强的谱线有 $2.5 \times 10^5 - 1.3 \times 10^5 = 1.2 \times 10^5$ 条。每条谱线宽度为

$$\Delta\lambda_k = \frac{\lambda}{\pi k} \frac{1-R}{\sqrt{R}}$$

代入中间波长 $\lambda = \frac{400+760}{2}nm = 580nm$ ，中间谱线级数 $k = 1.9 \times 10^5$ ，解得每条谱线宽度为

$$\Delta\lambda = 1.9 \times 10^{-14}m = 1.9 \times 10^{-5}nm$$

(5)

解：对谱线波长公式

$$\lambda = \frac{2nh}{k}$$

两边取微分再除以原式得到得

$$\frac{\delta\lambda}{\lambda} = \frac{\delta h}{h} = 10^{-5}$$

故谱线漂移量（相对值）与腔长改变量（相对值）相等，为 $10^{-5}$ 。

### 3-32

(1)

透射谱线波长公式为

$$\lambda = \frac{2nh}{k}$$

可见光波长范围为 $[400nm, 760nm]$ ，其对应的干涉级数满足

$$400nm < \frac{2nh}{k} < 760nm$$

解得干涉级数范围

$$1.6 < k < 3.1$$

故在可见光范围内，透射最强的谱线有2条。

(2)

解：对于第 $k = 2$ 级谱线，其波长为

$$\lambda_2 = \frac{2nh}{2} = 620nm$$

其谱线宽度为

$$\Delta\lambda_2 = \frac{\lambda_2}{2\pi} \frac{1-R}{\sqrt{R}} = 4.03nm$$

对于第 $k = 3$ 级谱线，其波长为

$$\lambda_3 = \frac{2nh}{3} = 413nm$$

其谱线宽度为

$$\Delta\lambda_3 = \frac{\lambda_3}{3\pi} \frac{1-R}{\sqrt{R}} = 1.79nm$$