

本章提要

一、光的干涉现象

指两列光波叠加时产生的光强在空间中有一稳定分布的现象.

光的相干条件:两光波必须频率相同,振动方向相同,相位差恒定.

获取相干光的方法:将同一光源同一点发出的光波分成两束,在空间经过不同路径传播后再使它们相遇.分法有两种,即分波阵面法(如杨氏实验)和分振幅法(如薄膜干涉).

二、光程

若光在折射率为 n 的媒质中经过的几何路程为 x ,则相应的光程为 nx .

相位差 $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \text{光程差}$ (λ 为光在真空中的波长)

光由光疏媒质入射到光密媒质在界面上反射时,发生半波损失,这损失相当于 $\lambda/2$ 的光程.

三、干涉明暗条纹的条件

两束相干光在空间某点相遇,若

相位差 $\Delta\varphi = \pm 2k\pi$

对应光程差

$\Delta = \pm k\lambda \quad k = 0, 1, 2, \dots$ 明纹中心

相位差 $\Delta\varphi = \pm (2k + 1)\pi$

对应 $\Delta = \pm (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$

$k = 0, 1, 2, \dots$ 暗纹中心, k 称为干涉级

1. 杨氏双缝干涉(分波阵面法)

条纹位置

$x = \pm k \frac{D}{d} \lambda \quad k = 0, 1, 2, \dots$ 明纹中心

$x = \pm (2k + 1) \frac{D}{d} \frac{\lambda}{2} \quad k = 0, 1, 2, \dots$

暗纹中心

条纹特点为等间距,相邻明纹中心(或暗纹中心)间的距离

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

2. 薄膜干涉(包括劈尖、牛顿环)

入射光在薄膜上表面因反射和折射而“分振

幅”，薄膜上下表面反射的光为相干光. 光程差的计算有两项，一是由几何路程差而引起，另一项要考虑反射面是否有半波损失.

a. 等倾干涉(膜厚 e 均匀, 倾角 i 变化)

$$\Delta = 2e \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$
$$= \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, 3, \dots \text{明纹中心} \\ (2k + 1) \frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, 2, \dots \text{暗纹中心} \end{cases}$$

b. 等厚干涉(膜厚 e 不均匀, 垂直入射 $i = 0$)

$$\Delta = 2n_2e + \frac{\lambda}{2}$$
$$= \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, 3, \dots \text{明纹中心} \\ (2k + 1) \frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, 2, \dots \text{暗纹中心} \end{cases}$$

劈尖

$$l \sin \theta = \frac{\lambda}{2n_2} \quad (\text{楔角 } \theta \downarrow, \text{条纹间隔 } \uparrow)$$

3. 牛顿环

薄膜的上下表面中一个是球面, 另一个是平面 (或两者都是球面) 时, 干涉图样为明暗相间的同心圆环, 用圆环半径来确定条纹的空间位置. 如平面或球面均为玻璃(n_1), 膜层为空气(n_2) 时, 有

$$r = \sqrt{\frac{2k - 1}{2n_2} R \lambda} \quad k = 1, 2, \dots \text{明环半径}$$
$$r = \sqrt{\frac{k R \lambda}{n_2}} \quad k = 0, 1, 2, \dots \text{暗环半径}$$

4. 迈克耳孙干涉仪

采用分振幅法使两个相互垂直 (或不严格垂直) 的平面镜形成一等效薄膜, 产生双光束干涉, 干涉条纹移动一条, 相当于薄膜厚度 d 改变 $\lambda/2$, 即

$$\Delta d = \Delta N \frac{\lambda}{2} \quad (\Delta N \text{ 为条纹移动数})$$

关于干涉条纹的移动: 在光的干涉应用中, 许多做法都与条纹的移动有关. 在分析条纹的移动方向时, 常常是“跟踪”视场中某一级条纹, 观察它朝什么方向移动, 则相应其他条纹也将朝这一方向移动.

