

# 光学公式整理

王华强

## 基础，反射与折射

光强

$$I=\frac{n}{2cu_0}E_0^2$$

比较两种介质中的光强时

$$I=nE_0^2$$

简谐波的数学表达

一维波

$$U=A\cos(\omega(t-\frac{x}{v})+\varphi)$$

$$U=A\cos(\omega t-kx+\varphi)$$

平面波

$$U=A\cos(\omega t-\vec{k}\cdot\vec{r})$$
 球面波(发散)

$$U=\frac{A}{r}\cos(\omega t-kr)$$

复振幅

球面波的复振幅：相因子正负代表聚散

波前函数

波前上的复振幅分布

偏振度

$$P=\frac{I_{\max}-I_{\min}}{I_{\max}+I_{\min}}$$

Tips: 某一方向上的偏振光可以沿两轴分解

费马原理

$$n=\frac{c}{v}$$

$$L=\int_a^b n\,ds$$

$$L=\int_a^b n\,ds$$

折射定律

$$n_1\sin(\theta_1)=n_2\sin(\theta_2)$$

菲涅尔公式

$$\begin{aligned}r_s &= -\frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ t_s &= \frac{\sin(2\theta_1)\cos(\theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ r_p &= \frac{\tan(\theta_1 - \theta_2)}{\tan(\theta_1 + \theta_2)} \\ t_p &= \frac{2\cos(\theta_1)\cos(\theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}\end{aligned}$$

反射率随入射角变化的曲线：

- 随入射角增大总反射率增大
- $r_p$  在  $i_b$  处取得0

不同种反射率之间的关系

光强反射率=振幅反射率 $^2$

光强透射率= $\frac{n_2}{n_1}$ 振幅反射率 $^2$

光功率反射率=光强反射率 (由于光截面大小相同)

光功率折射率= $\frac{\cos(n_2)}{\cos(n_1)}$ 光强反射率 (折射导致了光截面的大小变化,光截面的大小之比为 $\frac{\cos(n_2)}{\cos(n_1)}$ )

斯托克斯倒逆关系

$$r^2 + \hat{r} \hat{t} = 1$$

$$\hat{r} = -\hat{r}'$$

两种反射情形相差 $\pi$ , 说明两边必有一边存在相位 $\pi$ 的突变.

反射相位突变只有在 $n_1 < n_2$ 的反射时同时对ps两向发生

布儒斯特角

$$i_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

在此处p光相位突变, s光不受影响

全反射角

$$i_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

角度大于此角后开始全反射, 伴随角度的变化发生相位变化(从0到 $\pi$ ).

反射光的相位变换

- 当某一方向的反射率出现复数时,意味着发生了0- $\pi$ 之间的相位变化

隐失波

Todo: 隐失波分析

基础部分补充

- 入射面: 指入射光线, 法线, 反射光线与折射光线所在的平面
- 振动方位角: 光矢量与入射面之间的夹角, 实质上是光矢量与p轴的夹角

## 几何光学部分

Todo: 几何光学

## 干涉部分

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\phi$$

其中 $\phi$ 为相位角

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2}\cos\phi$$

在非干涉条件下:

$$\overline{I} = I_1 + I_2$$

干涉衬比度定义为:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

分波前干涉--杨氏干涉

$\Delta$ 为光程差,d为孔间距,D为孔到光屏距离, x为条纹位置:

$$\Delta = \frac{dx}{D}$$

得条纹间距为:

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

非对称杨氏干涉

$$\frac{\Delta_R}{d} = \frac{p}{R}$$

$$\Delta$$

$$\frac{\Delta_D}{d} = \frac{x}{D}$$

$$\Delta = \Delta_r + \Delta_d$$

条纹间距仍为:

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

确定中心点位置的时候,令 $\Delta = 0$ :

$$pD = -xR$$

干涉填平补齐时,满足:光源宽度引起的中心点位移=条纹间距

$$\frac{\lambda D}{d} = \frac{Dp}{R}$$

其中p为从中心点开始的光源宽度.

分振幅干涉--薄膜干涉

光程差:

$$\Delta = 2nh\cos(r) + \frac{\lambda}{2}$$

薄膜干涉时的定域问题.

等倾干涉

光程差:

$$\Delta = 2h\cos(r) - \frac{\lambda}{2}$$

亮纹:

$$\Delta = k\lambda$$

暗纹:

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

干涉条纹的间距:

对光程差公式两边求导,命 $d\Delta = \lambda$ ,所解得dr即为间距:

$$dr = -\frac{\lambda}{2nh\sin(r)}$$

等厚干涉

$$\Delta = 2nh\frac{1}{2} + \frac{\lambda}{2}$$

牛顿环光程差:

$$\Delta = 2h - \frac{\lambda}{2}$$

由几何关系得:

$$\frac{r}{R} = \frac{2h}{r}$$

代入可由曲率半径求得圆环半径.

曲率半径可由下式求得:

$$R = \frac{r_{k+m}^2 - r_k^2}{m\lambda}$$