

不同波长的光正入射透过多层增透膜/增反膜时的光强变化

应物一班四组

小组成员：马金港 吴鹏 罗斌 吴剑云

1. 多层增透膜的模拟制作

- 要研究不同波长的光透过多层增透膜时的光强变化，首先要模拟制作出一个多层增透膜/增反膜系统。由于增透膜和增反膜只是干涉相消和干涉相长的区别，所以在这里只讨论增透膜一种。
- 通过查阅资料，我们发现现在常用的镀膜材料为折射率 $n=1.38$ 的氟化镁（ MgF_2 ）和折射率 $n=2.38$ 的硫化锌（ ZnS ），于是我们选择这两种材料互相叠加镀膜来模拟透射率99%的增透膜。
- 为了保证镀膜层数尽量小，需要使干涉相消达到最大，由于只考虑正入射情况，光强公式为

$$I = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\theta$$

- 要想使得干涉相消最大，则两光线相位差 θ 必相差 $\frac{\pi}{2}$ ，也就是说，应使两束光的光程差为 $\frac{\lambda}{2}$ ，由相位差与光程差公式计算可得

$$h = \frac{\lambda}{4n_f}$$

- 为了保证透射效果，通常选择对人眼较为敏感的光的波长为干涉相消效果最好的波长，这里取绿光， $\lambda=550nm$ 。经计算， $h_{MgF_2}=99.6nm$ ， $h_{ZnS}=57.7nm$ 。
- 由于要考虑多层膜的叠加，使用光强公式计算不是很方便，这里选择使用振幅叠加再转化为光强 这里先讨论各个薄膜平面上的反射光的相位差。假设入射光射到空气-薄膜面上时初相为0，那么反射光相位为 π ，则在 MgF_2 - ZnS 平面由于半波损失，反射到空气-薄膜面时的相位为0，而在 ZnS - MgF_2 平面没有半波损失，因此反射到空气-薄膜面上时相位仍为0，以此类推，会得到所有反射光与空气-薄膜面的反射光相位差均为 $\frac{\pi}{2}$ ，因此均为干涉相消。
- 设入射光振幅为A，由菲涅尔公式

$$r_p = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}$$

$$r_s = \frac{2n_1}{n_1 + n_2}$$

- 可得到空气-MgF₂ , MgF₂-ZnS , ZnS-玻璃 平面处的折射率与透射率,就可算出每加 入一层MgF₂-ZnS, 每层反射光的振幅A_k, 在空气-薄膜处叠加, 可得到最后反射光的振幅, 由振幅与 光强间的关系: $I = A^2$ 可得到最后叠加之后的光的光强 I_{end} , 令其小于1%, 可算出需要薄膜的层数。经过计算需要5层, 可得到透射率99%的增透膜。代码如下: [JAVA代码](#)

2.多层增透膜对不同波长的光的影响

刚才我们已经得到了多层增透膜,它对波长为550nm的绿光具有99%的通透率,那么现在 考虑它 对其他波长的光的通透效果。 若采用不同波长的光,设波长为 λ ,则光波 λ 在两薄膜之间的光程不再为 $4n$,此时反射 光在干涉时不能完全干涉相消,也就是说,两者的相位差不为 π 。此时可以用厚度 h_{MgF_2} 和 h_{ZnS} 计算出每次反射的相位 θ ,可求 出相邻薄膜面的反射光的相位差,带入干涉光光强公式即可得到结果。