

部肥皂膜的厚度小，干涉条纹较密，且各个方向上比较等厚条纹和等倾条纹：

3-16. 从以下几个方面比较等厚条纹和等倾条纹:

3-16. 从以下几个方面比较等厚干涉和等倾干涉：  
(1) 两者对光源的要求和照明方式有何不同？能否用扩展光源观察等厚条纹？用平行光观察等倾条纹将会怎样？

(2) 两者的接收(观测)方式有何不同? 如果用一小片黑纸遮去薄膜表面某一部位, 这将分别给等厚条纹和等倾条纹带来什么影响?

答：(1) 对于等厚条纹，严格观测须用傍轴窄光束照明。扩展光源照明将导致条纹对等厚线的偏离和条纹衬比度的下降。膜愈厚，以上现象愈严重。但在要求不太高时，采用扩展光源照明对观察反而往往是利大于弊的，这是因为扩展光源有利于增加视场，影响条纹衬比度的光源有效宽度可以用接收条纹的光瞳来限制。

对于等倾条纹, 扩展光源照明有利无害, 不但不会影响条纹的衬比度, 反而可以增加亮纹的强度, 使等倾条纹变得更加明亮。反之, 若照明光源方向性太强会使等倾条纹的图样残缺不全。在平行光照明的极端情形下, 屏幕上相干光束的交叠区收缩为一个点, 不可能出现干涉图样。

(2) 等厚条纹出现在非均匀薄膜表面, 只能用成像系统接收或肉眼直接观察, 不能用屏幕接收; 等倾条纹出现在无穷远处, 宜用屏幕接收(当然, 也可用成像系统或肉眼对无穷远调焦观察)。

如果用一小片黑纸遮去薄膜表面某一部位,对等厚条纹来说,会遮去这部分条纹,其它地方条纹不变;对等倾条纹来说,部分地遮去薄膜表面,只会使干涉条纹整体变暗,不会影响干涉图样的完整性。



# • 等厚干涉的应用

## • 牛顿环 (P120)

若在一平晶上放置一 $R$ 很大的平凸透镜，则两面之间形成的空气契能实现等厚干涉。称为**牛顿环**。

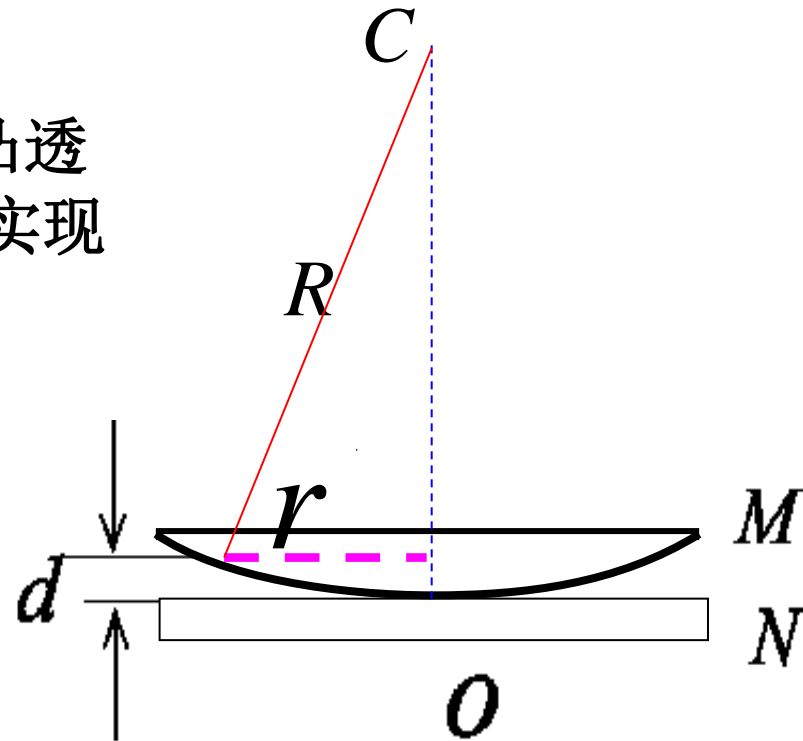
**分析**  $\Delta L \sim d$ ，条纹是同心圆

中心处， $\Delta L = \lambda/2$



暗条纹

定义为零级





# • 等厚干涉的应用

在实际观察中常测牛顿环的半径 $r$   
它与 $d$ 和凸球面的半径 $R$  的关系:

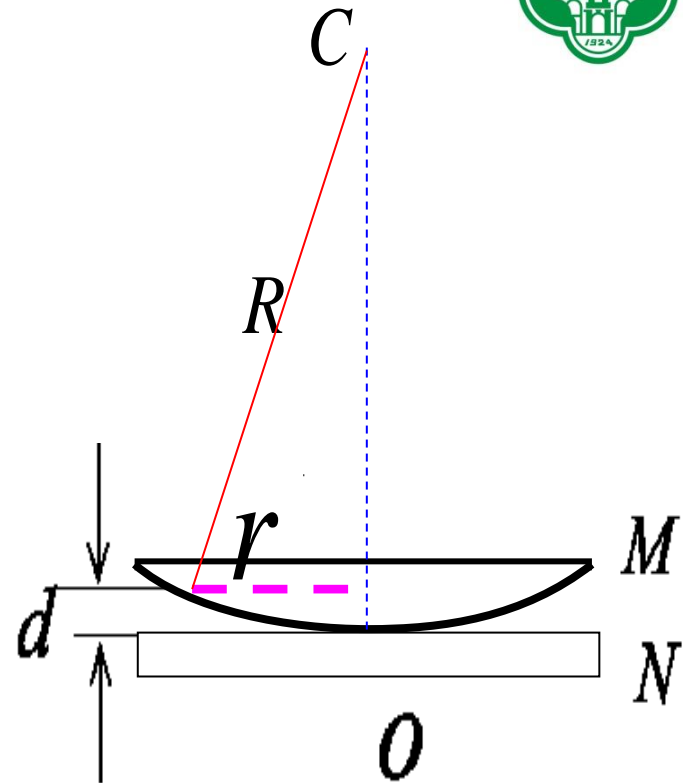
$$r^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2$$

略去二阶小量 $d^2$ :  $d = r^2 / 2R$

对于暗纹, 其光程差满足

$$\Delta L = 2d + \lambda/2 = (2m+1)\lambda/2$$

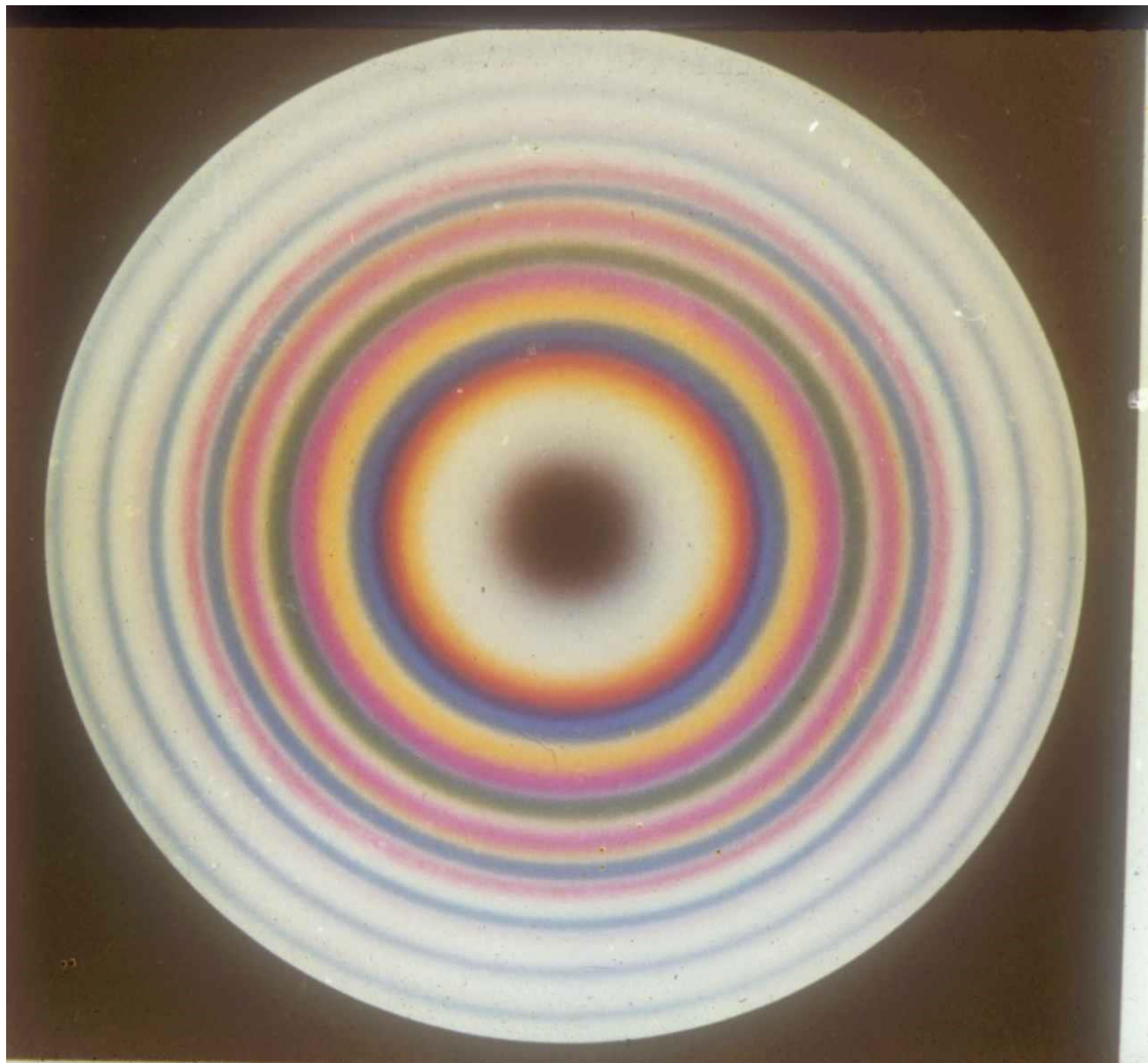
$$r = \sqrt{mR\lambda} \quad m = 0, 1, 2, 3 \dots$$



1. 牛顿环中心为暗环, 级次最低。离开中心愈远, 程差愈大, 圆条纹间距愈小, 即愈密。
2. 此外, 透射光也有干涉, 明暗条纹互补。



# 白光入射的牛顿环照片





# • 等厚干涉的应用

- **例：** 用牛顿环测定单色光的波长，若测得某一明环的直径为  $3.00\text{mm}$ ，在它外面的第五个明环直径为  $4.60\text{mm}$ ，所用平凸透镜的曲率半径为  $1.03\text{m}$ 。试求该单色光的波长。

解：  $\therefore$  第k级明环半径为  $r_m^2 = \frac{2m-1}{2} R\lambda$

$$\therefore r_{m+5}^2 - r_m^2 = 5R\lambda .$$

$$\therefore \lambda = \frac{r_{m+5}^2 - r_m^2}{5R} = 5.90 \times 10^{-4} \text{ mm} .$$

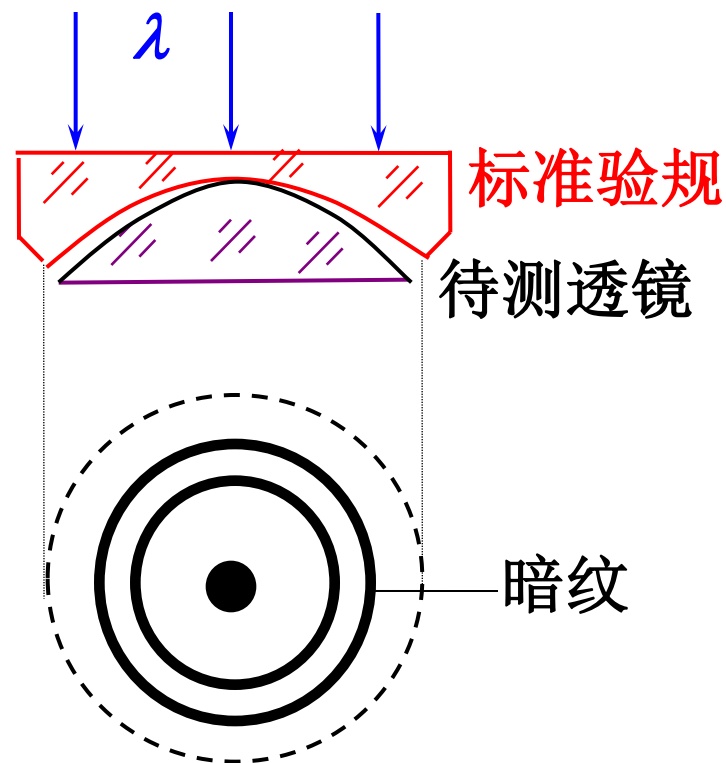
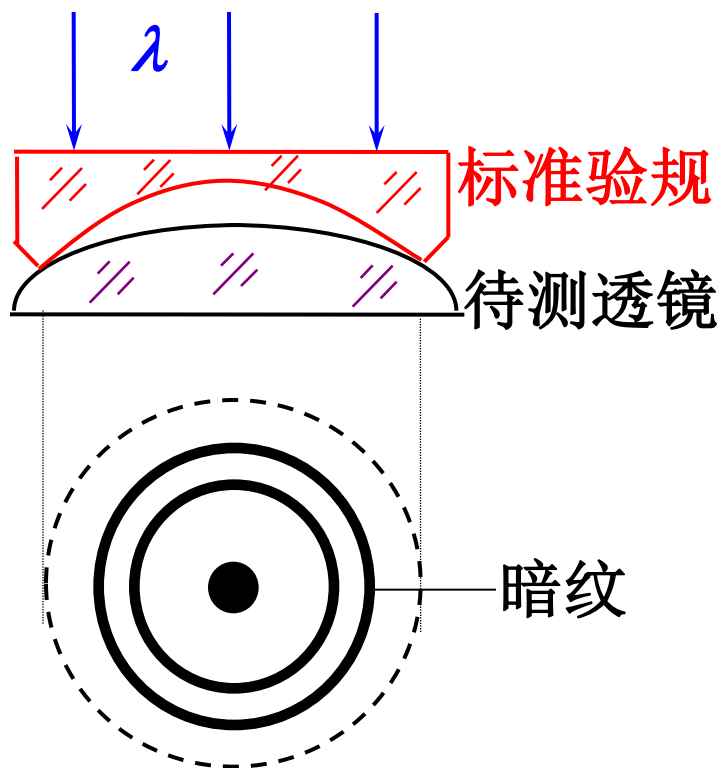




# • 等厚干涉的应用

思考

同样是把标准验规向下压，暗纹的移动会产生什么变化？





# • 薄膜干涉的应用

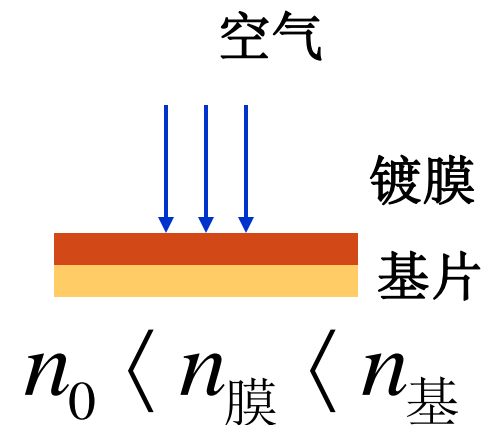
## 增透膜和增反膜 (3.3.6 P124)

光学系统在透射的同时，反射光将把部分能量反射掉。

例：冕牌玻璃 $n=1.5$ ，4%；

火石玻璃 $n=1.67$ ，6%； **10面45%！**

利用等倾干涉使得某个波长反射光相干相消，可实现增透；相干相长可实现增反。



无论增透增反，薄膜厚度有严格要求，且只对单一波长。



# • 薄膜干涉的应用

- 单层介质膜的材料一般采用氟化镁 ( $\text{MgF}_2$ ,  $n=1.38$ )

由两反射光干涉相消的条件:

$$2nt=(2m+1)\lambda/2$$

可得薄膜的最小厚度为

$$t=\lambda/4n \text{ (或者 } nt=\lambda/4, \text{ 称为 } \lambda/4 \text{ 片)}$$

由于两次反射均发生在光疏至光密界面, 最后总效果**无半波损失**。

**例: 相机镜头的氟化镁膜 $n=1.38$ , 为使 $550\text{nm}$ 增透, 问厚?**

**解: 垂直入射光近似, 由上式得最小厚度**

$$t=\lambda/4n=99.6 \text{ nm}$$





# • 薄膜干涉的应用

- 增反的原理与增透一样，这时光程差应为 $k\lambda$ 。

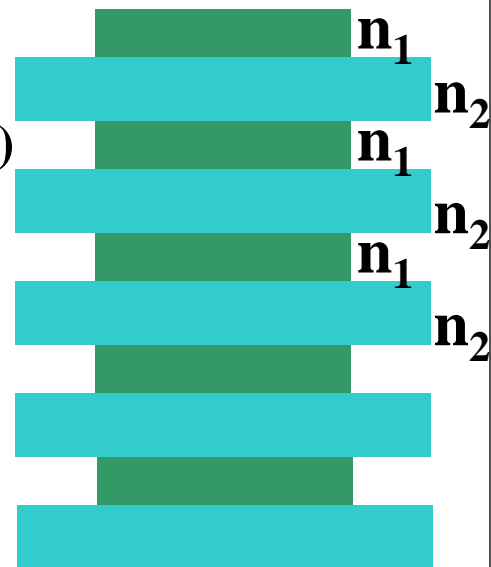
例：氦氖激光器中的谐振腔反射镜，要求对波长 $\lambda=6328\text{\AA}$ 的单色光反射率达99%以上，为此在反射镜的玻璃表面上交替镀上 ZnS ( $n_1=2.35$ )和低折射率的材料  $\text{MgF}_2$  ( $n_2=1.38$ ) 共十三层，求每层膜的实际厚度？

分析：实际使用中，光线垂直入射；有半波损失。

解：  $\Delta L = 2nt + \lambda / 2 = m\lambda \quad m = 1, 2, 3 \dots$

ZnS的最小厚度  $t_1 = \frac{(2m-1)\lambda}{4n_1} \Big|_{m=1} = 67.3nm$

MgF的最小厚度  $t_2 = \frac{(2m-1)\lambda}{4n_2} \Big|_{m=1} = 114.6nm$



同样是 $\lambda/4$ 片！

# 薄膜干涉例子



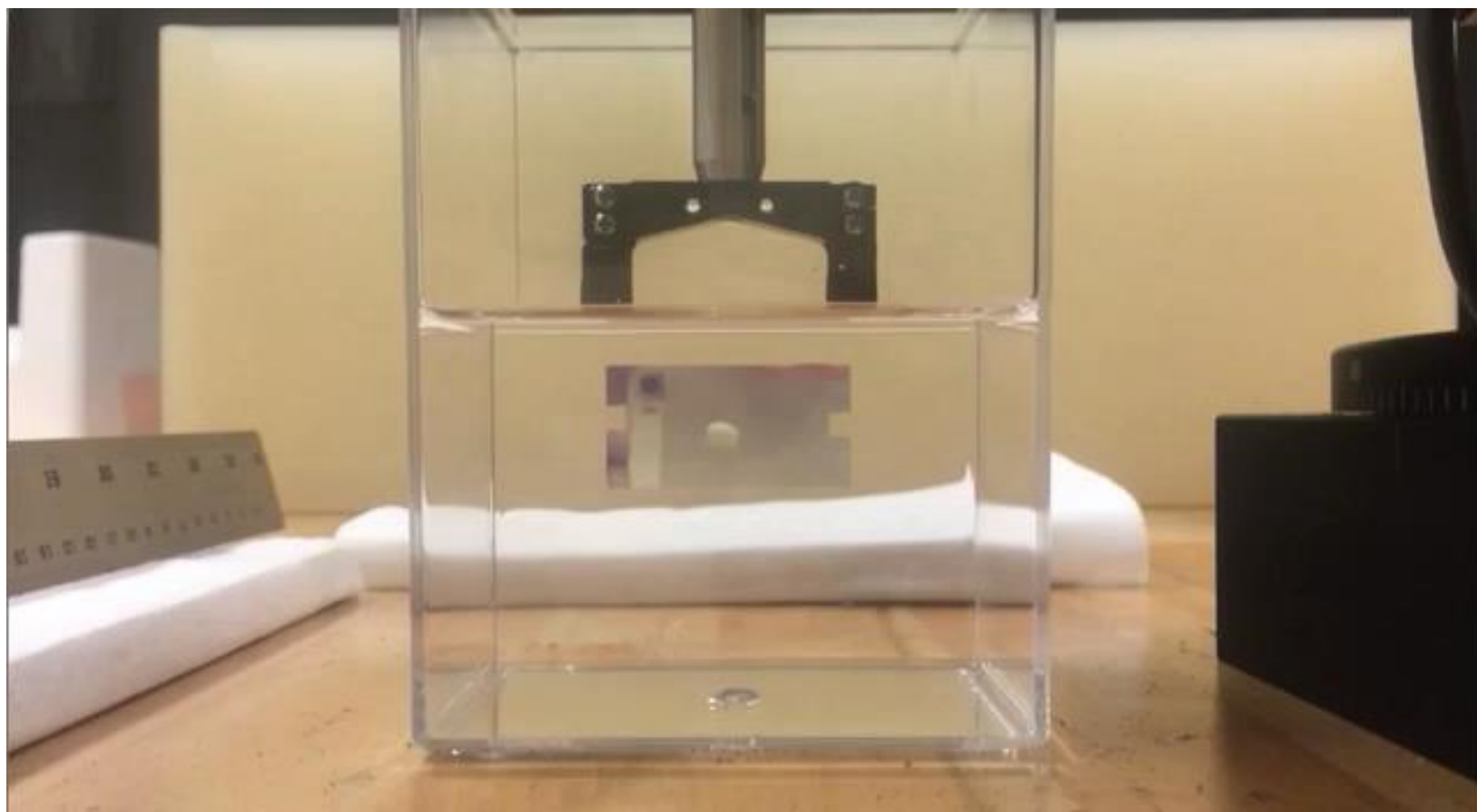
玻璃表面的抗反射膜。  
反射光经历了相干相消  
过程后，不会有反射。



蝴蝶翅膀。相干相长  
和相干相消的干涉  
依赖于波长，因而  
引起了丰富的颜色。



# 薄膜干涉实现单角宽频滤波器





## Homework wk 8 (submit on April 20)

- 教材 P158 思考题3-13