§12－4 平板的双光束干涉(分振幅法）

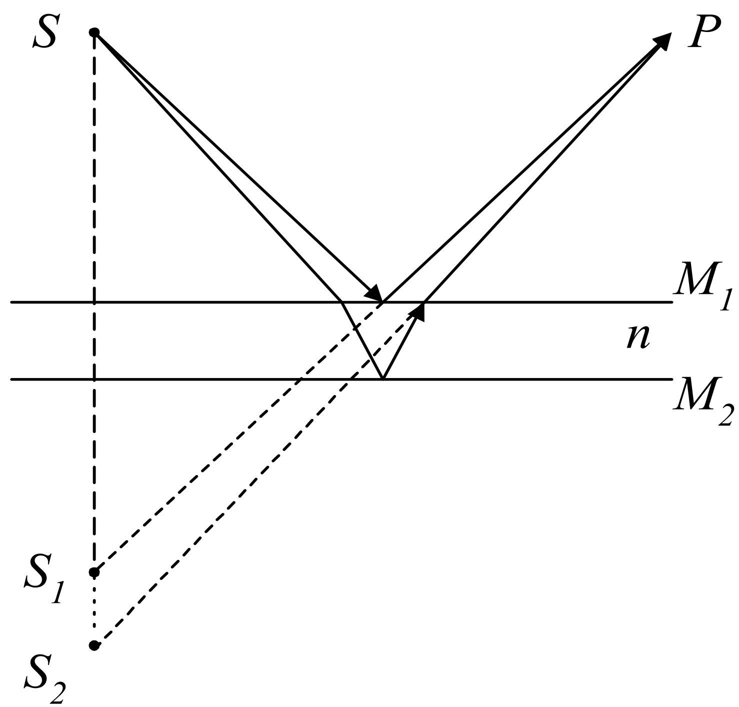
- 一、干涉条纹的定域
- 二、平行平板干涉（等倾干涉）
- 三、楔形平板干涉（等厚干涉）
- 四、牛顿环

分波前法（杨氏干涉）缺点：

空间相干性 ⟶ 小光源 } 矛盾
条纹亮度 ⟶ 大光源 }

分振幅法（平板干涉）优点

既可以用扩展光源 } 解决矛盾
又可以获得清晰条纹 }



干涉的点源：两个反射面对*S*点的象*S*1和*S*2

一、干涉条纹的定域（实质上是空间相干性问题）

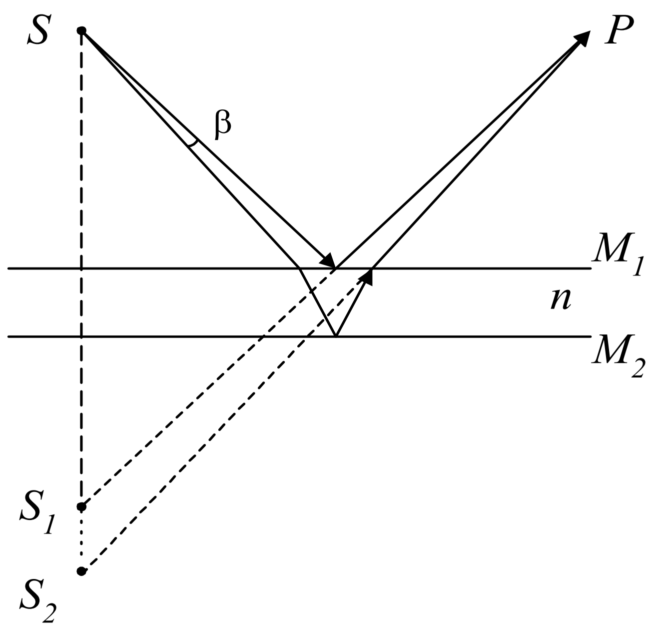
1.条纹定域：

点光源照明产生非定域条纹

扩展光源照明由于空间相干性

某些区域条纹对比度下降，条纹消失

但在定域区仍可观察到清晰的条纹——定域条纹



能够得到清晰干涉条纹的区域——定域区或定域面。

非定域干涉：相干光叠加区的任意位置均能观察到干涉条纹的干涉

定域干涉：相干光叠加区只有特定位置才能观察到干涉条纹的干涉

由空间相干性理论，在P点观察到干涉条纹条件

$$b \bullet \beta < \lambda$$

对于 $\beta = 0$ 对应光源的临界宽度为无穷大

平行平板的分振幅干涉是可实现 $\beta = 0$ 的干涉

定域区： $\beta = 0$所确定的区域

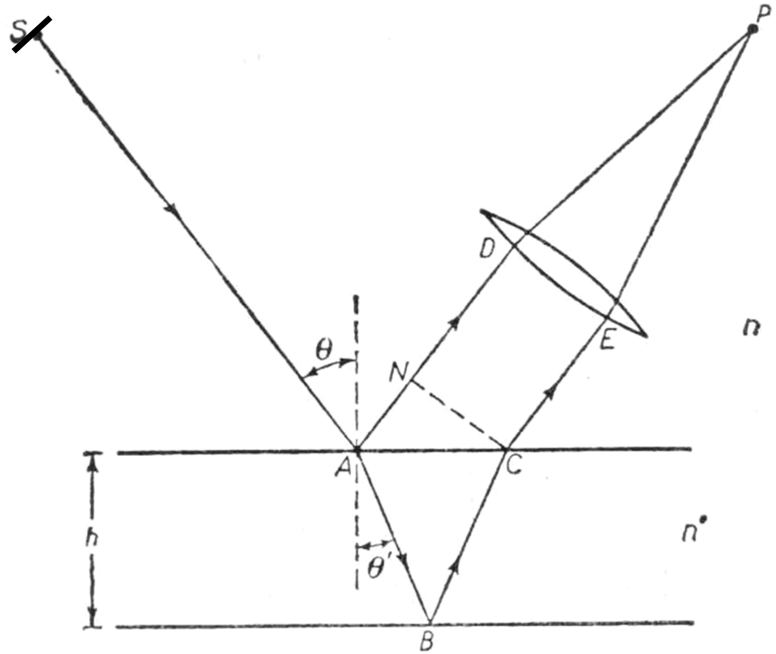
定域区的确定：

由 $\beta = 0$ 作图确定

定域区的位置：

离平板无穷远

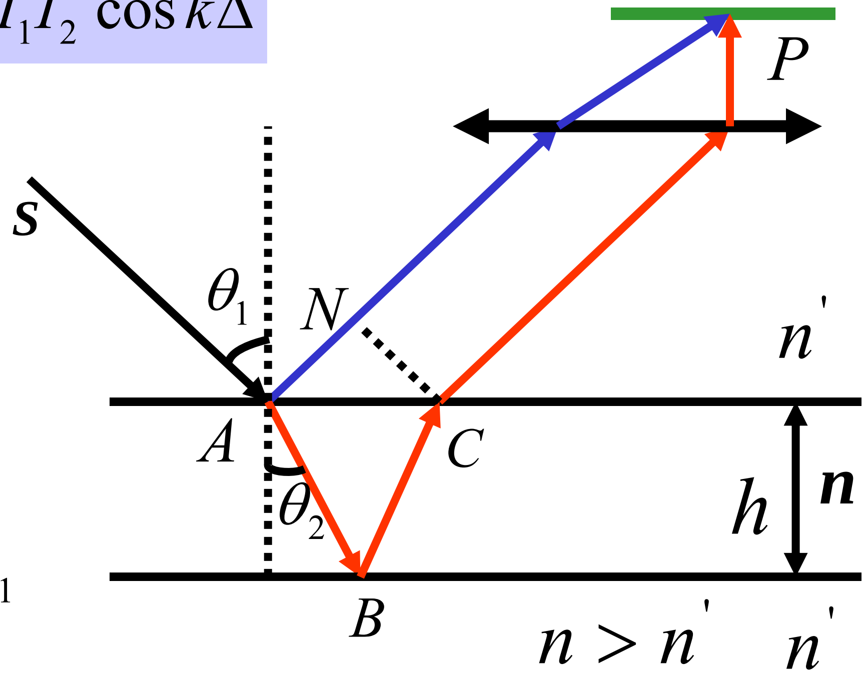
望远镜的焦面上



二、平行平板干涉（等倾干涉）

双光束干涉：$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos k\Delta$

1.光程差计算



$$\Delta = n(AB + BC) - n'AN$$

其中：　$AB = BC = h / \cos\theta_2$

$$AN = AC\sin\theta_1 = 2htg\theta_2\sin\theta_1$$

$$n'\sin\theta_1 = n\sin\theta_2$$

$$\Delta = \frac{2nh}{\cos\theta_2} - 2nh\frac{\sin^2\theta_2}{\cos\theta_2} = 2nh\left[\frac{1-\sin^2\theta_2}{\cos\theta_2}\right] = 2nh\cos\theta_2$$

半波损失

$$\boxed{\Delta = 2nh\cos\theta_2 \pm \frac{\lambda}{2} \qquad \Delta = 2h\sqrt{\left(n^2 - n'^2\sin^2\theta_1\right)} \pm \frac{\lambda}{2}}$$

$$2h\sqrt{n^2 - n'^2\sin^2\theta_1} \pm \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} m\lambda & (m = 0, 1, 2, 3\cdots) \quad \max \\ (2m+1)\dfrac{\lambda}{2} & (m = 0, 1, 2\cdots) \quad \min \end{cases}$$

$$2nh\cos\theta_2 \pm \lambda/2 = \begin{cases} m\lambda & (m = 0, 1, 2, 3\cdots) \max \\ (2m+1)\dfrac{\lambda}{2} & (m = 0, 1, 2\cdots) \min \end{cases}$$

出现明暗相间的干涉条纹

公式的适用条件:

$n_1 < n > n_2$ ， $n_1 > n < n_2$ **要加λ/2**

$n_1 < n < n_2$， $n_1 > n > n_2$ **不加λ/2**

若光垂直入射

$$2nh \pm \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} m\lambda & (m = 0,1,2,\cdots)\cdots \max \\ (2m+1)\lambda/2 & (m = 0,1,2\cdots)\cdots \min \end{cases}$$

单色光垂直入射，在薄膜表面上：

或全亮或全暗、或一片均匀的光亮，没有干涉条纹。

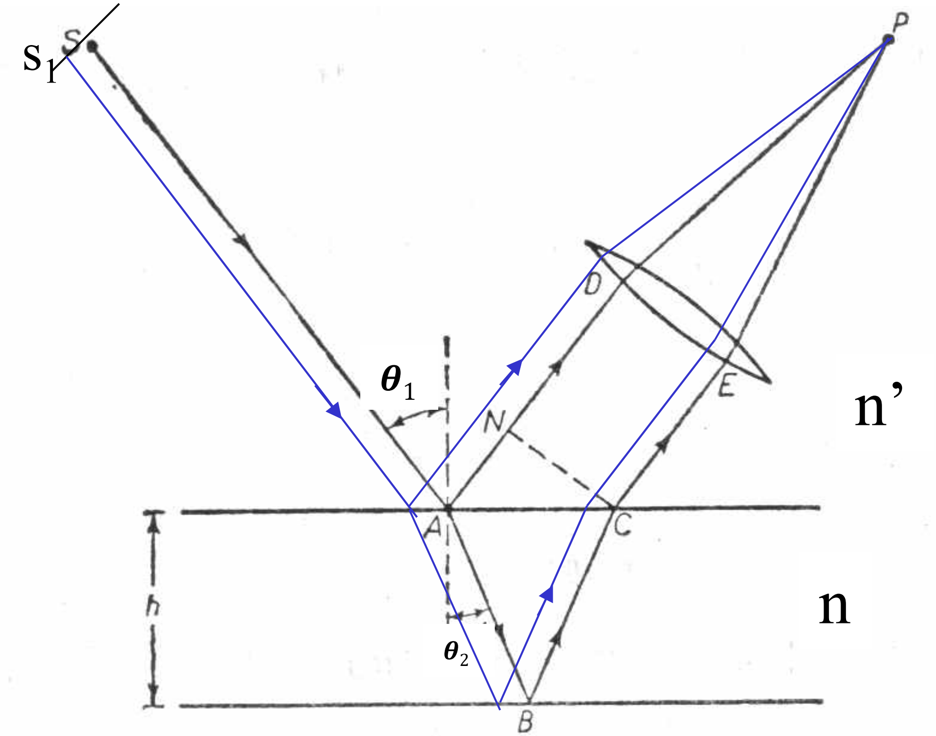
复色光垂直入射，在薄膜表面上：

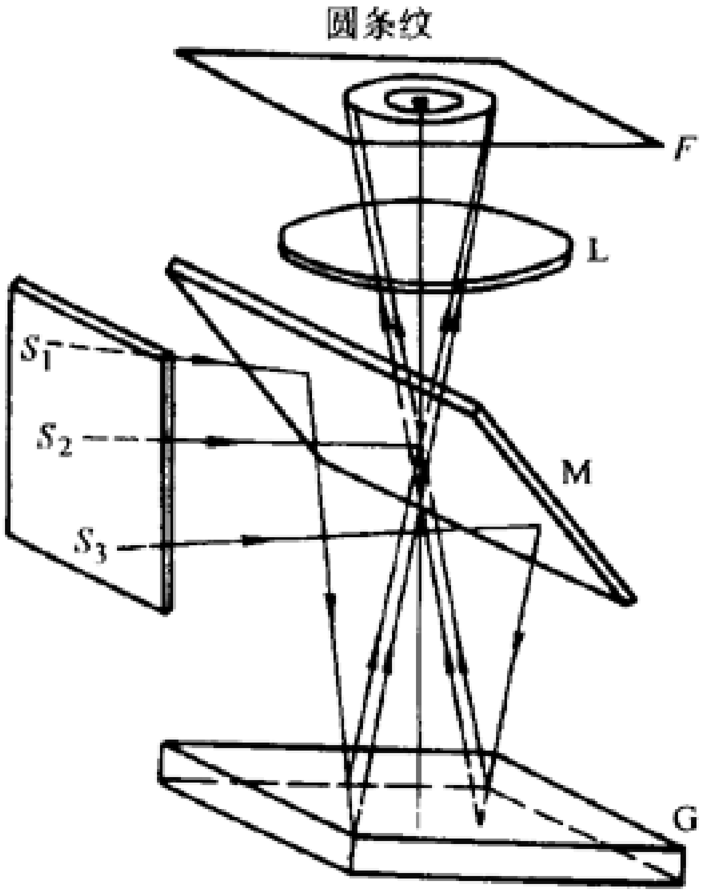
有的颜色亮，有的消失，没有干涉条纹。

2.平板干涉装置

注意：采用扩展光源，条纹域在无穷远。

条纹成象在透镜的焦平面上





光源大小与条纹的关系：

光源上每一点都给出一组等倾条纹，它们彼此准确重合，没有位移

等倾条纹的位置只与形成条纹的光束的入射角有关，而与光源的位置无关

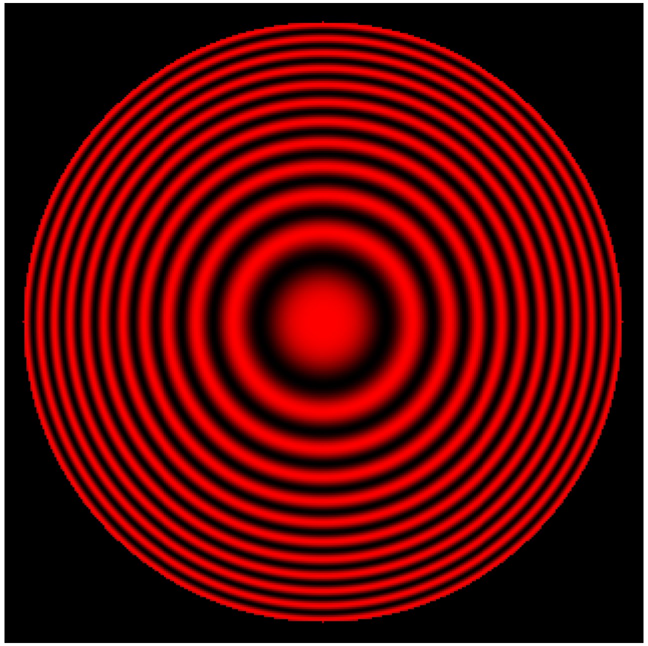
光源的扩大只会增加干涉条纹的强度，不会影响条纹的对比度

$$\Delta = 2nh\cos\theta_2 + \frac{\lambda}{2} \qquad 或：\Delta = 2h\sqrt{\left(n^2 - n'^2\sin^2\theta_1\right)} + \frac{\lambda}{2}$$

3、条纹分析

(1) Δ随θ_1变化，条纹是θ_1的函数，只要θ_1相同，Δ相同，为一条干涉条纹，称为等倾干涉。

干涉条纹为同心圆环。



（2）光程差在θ_1=0时最大，

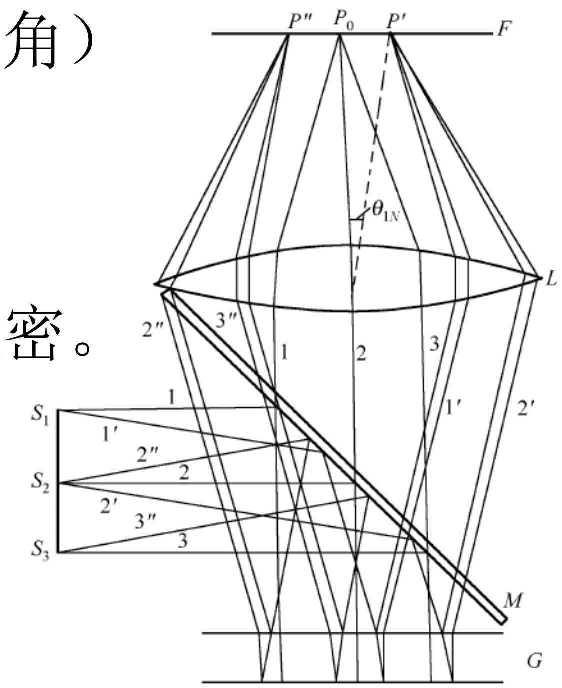
最大干涉级在中心。

$$\Delta_{中心}=2nh+\frac{\lambda}{2}=m_o\lambda\left(光程与条纹级数\right)$$

m_o=m_1+q m_1是最靠近中心的亮条纹的整数干涉级，q是小于等于1的数，

从中心向外数，第N个亮条纹的干涉级表示为$\left[m_1-（N-1）\right]$

（3）条纹的角半径θ_{1N}（条纹半径对透镜中心的张角）



$$\theta_{1\mathrm{N}} \approx \frac{1}{n'}\sqrt{\frac{n\lambda}{h}} \cdot \sqrt{N-1+q}$$

说明平板厚度h越大，条纹角半径越小，条纹越密。

（4）条纹间隔

$$\Delta = 2nh\cos\theta_2 + \frac{\lambda}{2} = m\lambda \quad \text{(光程与条纹级数)}$$

$$d\Delta = -2nh\sin\theta_2 d\theta_2 = \lambda dm$$

相邻条纹$dm = \Delta m = 1$,

则有： $|d\theta_2| = \left|\frac{\lambda}{2nh\sin\theta_2}\right|$

将θ_2变成θ_1：　因为 $n'\sin\theta_1 = n\sin\theta_2$

$$n'\cos\theta_1 d\theta_1 = n\cos\theta_2 d\theta_2$$

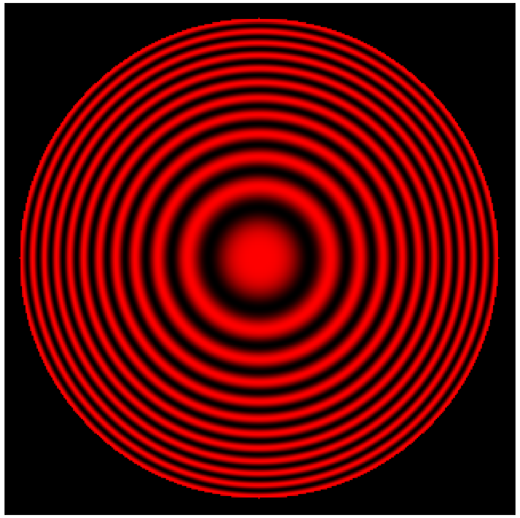
$$\cos\theta_1 \approx \cos\theta_2 \approx 1$$

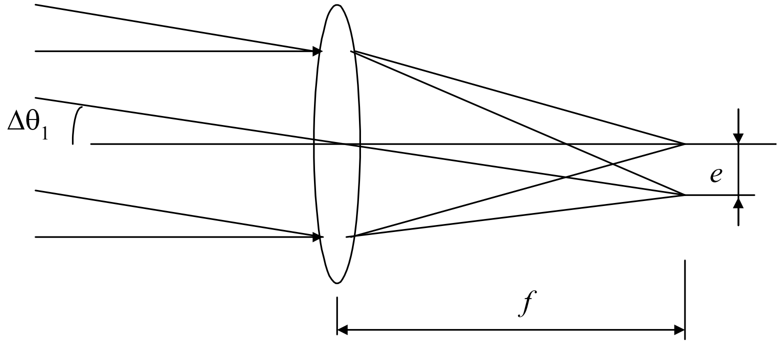
$$d\theta_2 = \frac{n'}{n} d\theta_1$$

所以： $|d\theta_1| = \left|\frac{n\lambda}{2n'^2 h\sin\theta_1}\right|$

$$e = f\cdot d\theta_1 = \frac{n\lambda}{2n'^2 h\sin\theta_1}\cdot f$$

注意e与$\sin\theta_1$的关系



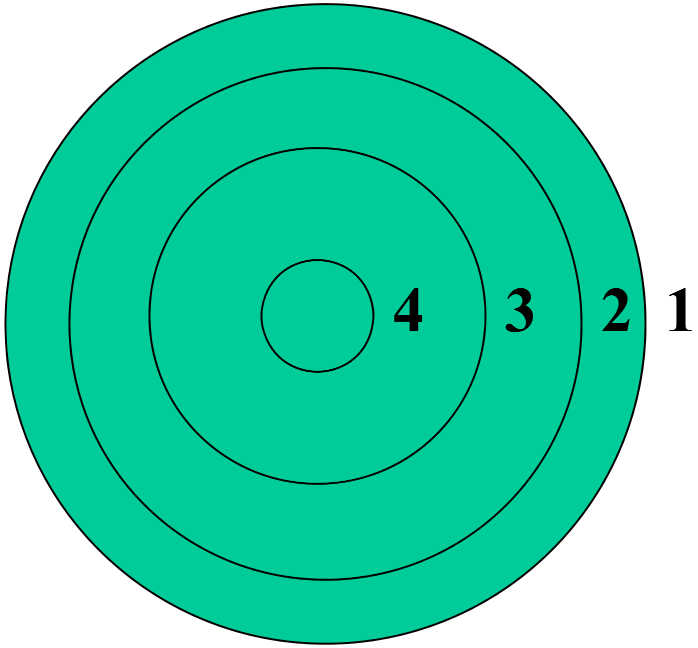


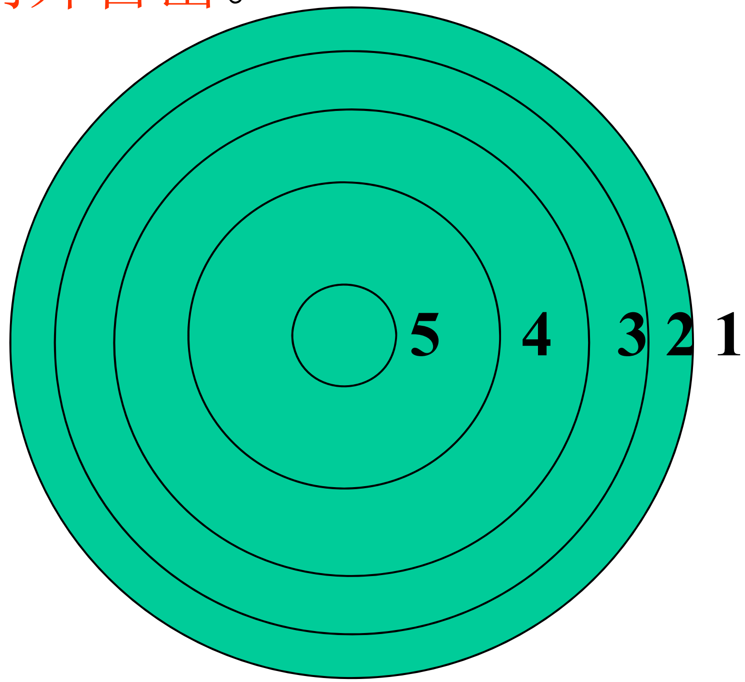
中央条纹疏，边缘条纹密。平板愈厚条纹也愈密。

若h↑则 m↑

连续改变（增加）薄膜的厚度，视场中条纹自里向外冒出，反之，缩入。

例：原来是第4级条纹的位置现在是第5级，4、3、2、1级分别向外移动一条，故看到 条纹自内向外冒出。



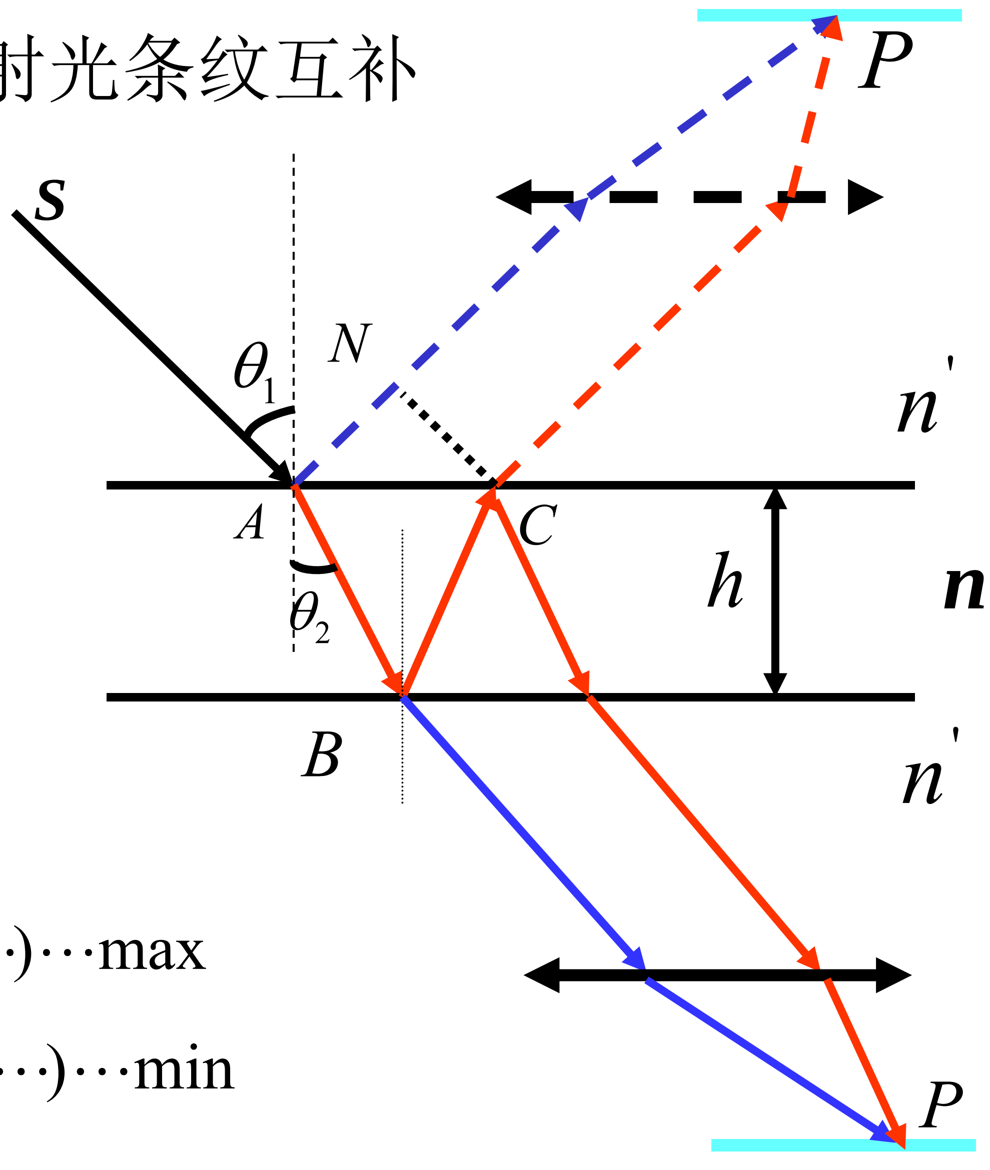


根据冒出的条纹数，可以测定微小长度的变化。

（5）反射光条纹和透射光条纹互补

反射光加强的点，

透射光正好减弱



$$\Delta' = 2h\sqrt{n^2 - n'^2 \sin^2\theta_1} = \begin{cases} m\lambda & (m=1,2,\cdots)\cdots\max \\ (2m+1)\lambda/2 & (m=0,1,2\cdots)\cdots\min \end{cases}$$

三、楔形平板干涉（等厚干涉）两个不平行平面的分振幅干涉

点光源照明产生非定域干涉

扩展光源照明产生定域干涉

1.定域面的位置和定域深度　　由 $\beta=0$ 作图确定

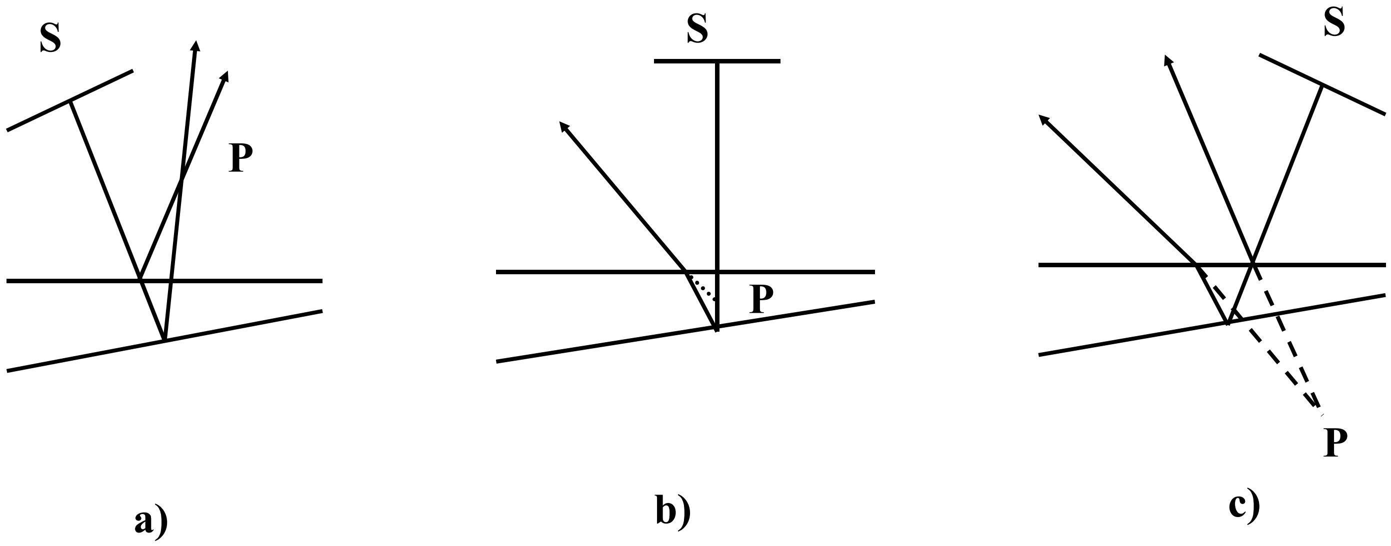


图12-16　用扩展光源时楔行平板产生的定域条纹
a)定域面在板上方　b) 定域面在板内　c) 定域面在板下方

定域深度

干涉条纹不只局限在定域面，在定域面附近的区域里也能看到干涉条纹，这一定的区域深度称为定域深度

定域深度的大小 与光源宽度成反比

光源为点光源时，定域深度无限大，干涉变为非定域的

用眼睛直接观察比成像仪器进行观察更容易找到干涉条纹

原因

1.人眼的自动调节能力
2.人眼的瞳孔比一般透镜的孔径小许多，限制了扩展光源的实际有效尺寸，结果定域深度增大

2、光程差计算

$$\Delta = n(AB + BC) - n'(AP - CP)$$

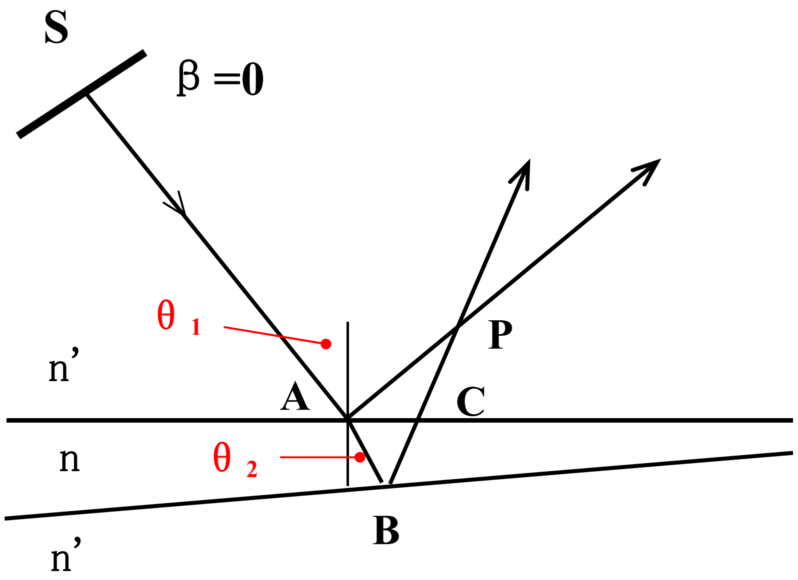


图12-18 楔形平板的干涉

前提： 板厚度很小，楔角不大

结果： 用平行平板的公式近似

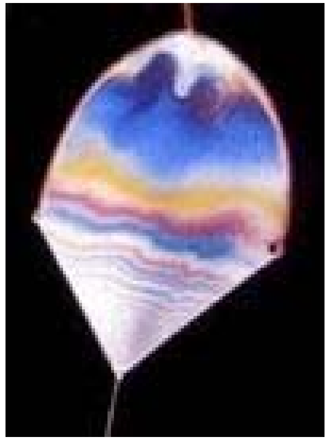
$$\Delta = 2nh\cos\theta_2 + \frac{\lambda}{2}$$

假设： 楔形平板的折射率是均匀的，光束的入射角为常数

结论： 干涉条纹与平板上厚度相同点的轨迹（等厚线）相对应，这种条纹称为等厚条纹

3. 实验装置

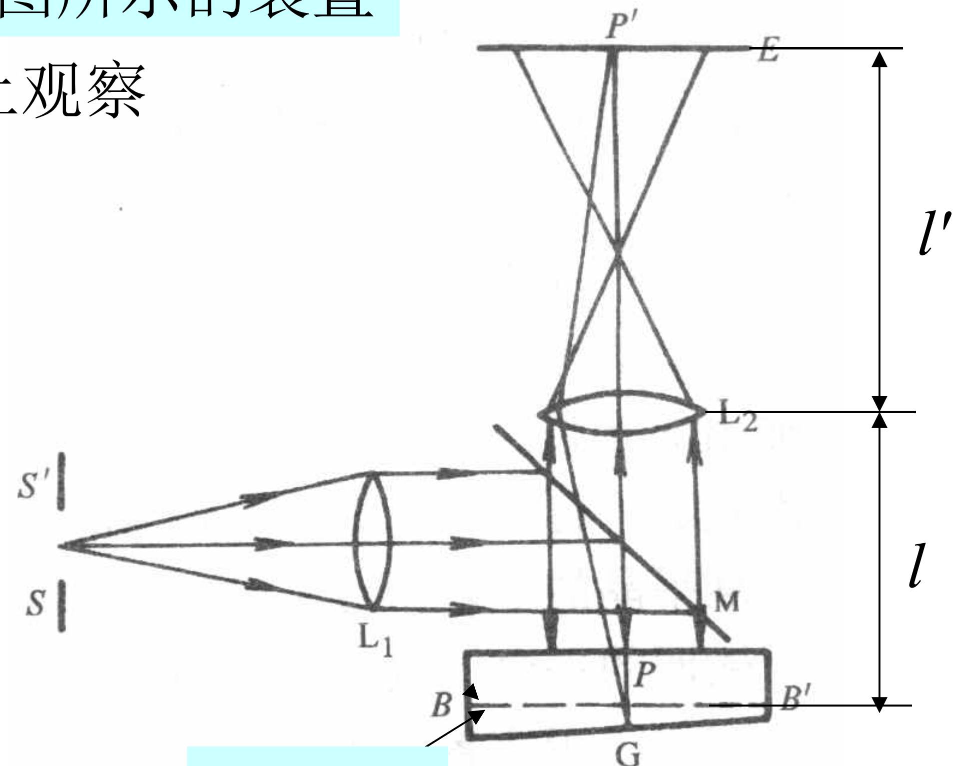
当平板很薄，定域区域在薄板表面，可直接观察，如水面上的油膜，肥皂泡等薄膜



对于厚度较大的平板采用如图所示的装置

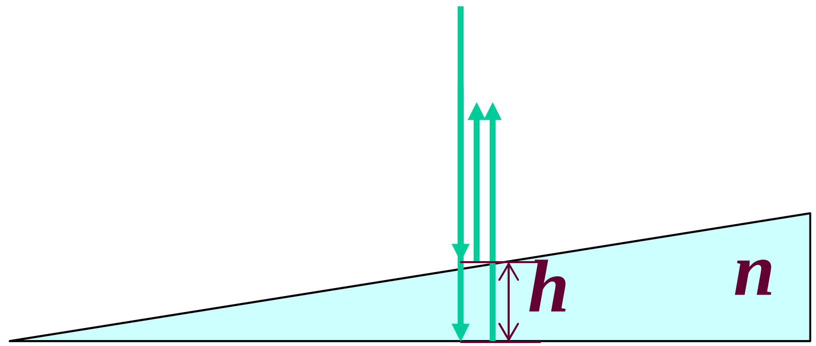
透镜L_2的作用，在成像面上观察

图中：$\frac{1}{l}+\frac{1}{l'}=\frac{1}{f}$



垂直入射时的光程差

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

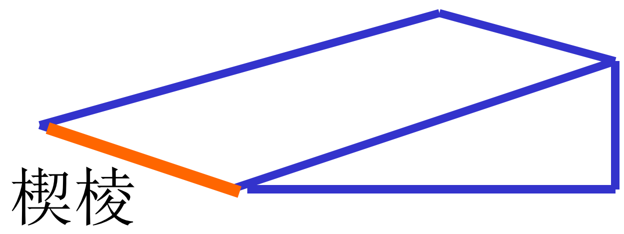


它是光学厚度 n*h* 的函数，在同一光学厚度的位置形成同一级条纹。

4.条纹分析

注意条纹是由nh决定的，分析条纹从nh入手

（1）条纹分布



亮条纹：$\Delta=2nh+\frac{\lambda}{2}=m\lambda$

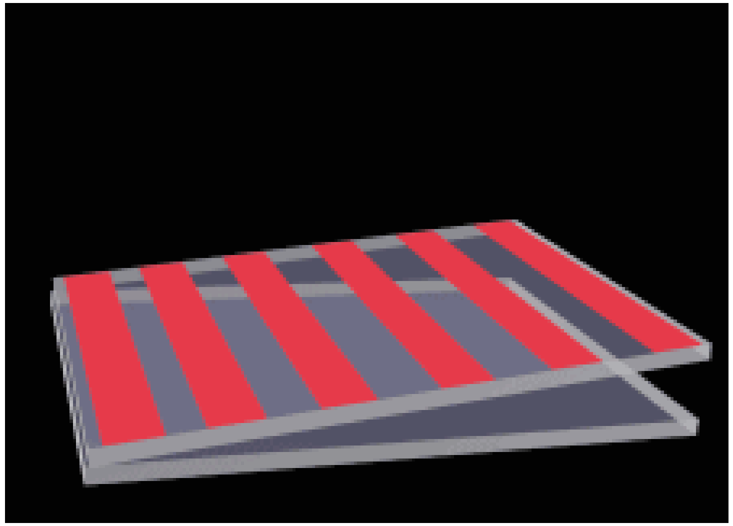
暗条纹：$\Delta=2nh+\frac{\lambda}{2}=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$

条纹级次 m随着楔形平板的厚度而变化，愈厚处条纹级别愈高

对于折射率均匀的楔形平板，条纹平行于楔棱

由于存在半波损失，棱边上为0级暗纹。

(2)条纹分布和平板楔角之间的关系

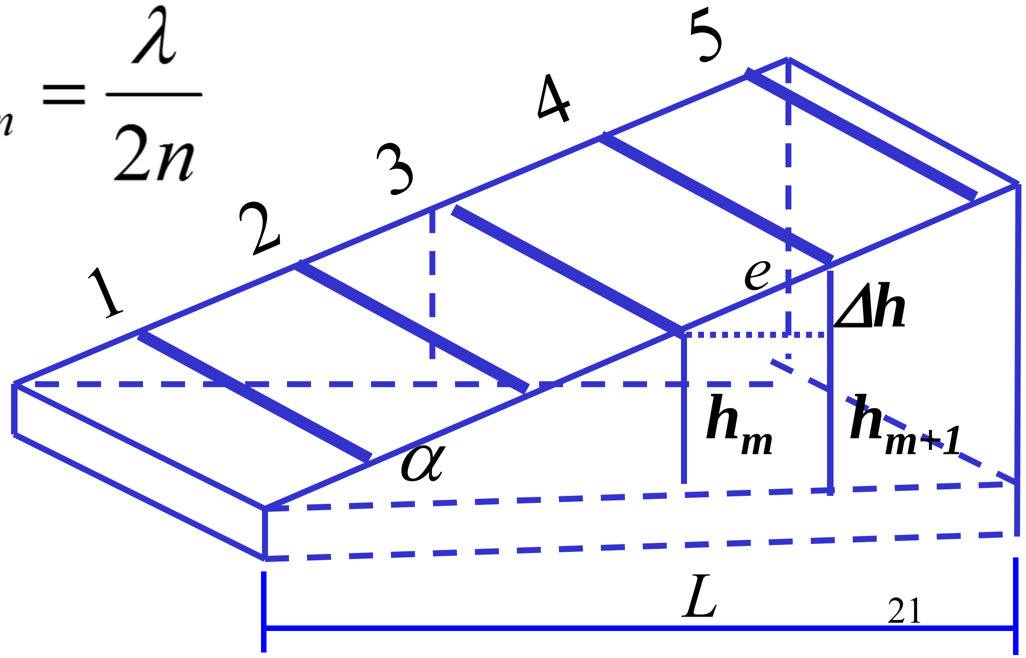


$$2nh_m+\frac{\lambda}{2}=m\lambda$$

$$2nh_{m+1}+\frac{\lambda}{2}=(m+1)\lambda$$

相邻条纹所对应的厚度差：

$$e\sin\alpha=\Delta h=h_{m+1}-h_m=\frac{\lambda}{2n}$$



$$\Delta h=\frac{\lambda}{2n}$$ 固定

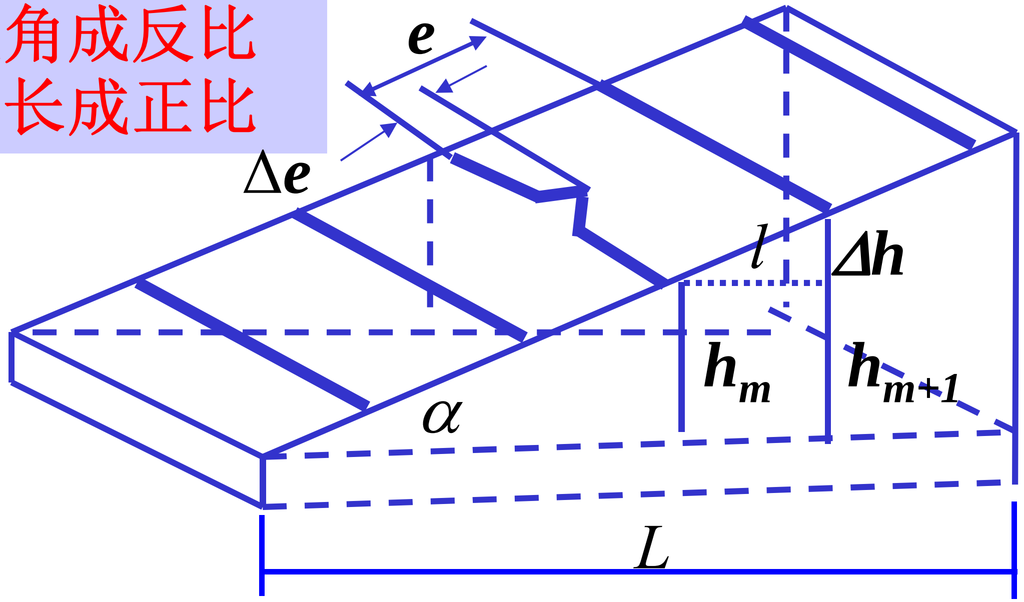
$\alpha\downarrow$条纹疏

（3）条纹间距

$$e = \lambda / 2n\sin\alpha$$

$$\approx \lambda / 2n\alpha$$

与楔角成反比
与波长成正比



（4）测量楔角

若平板锲角为α时：

$$\alpha = {\Delta h}/{e} = {\lambda}/{2ne}$$

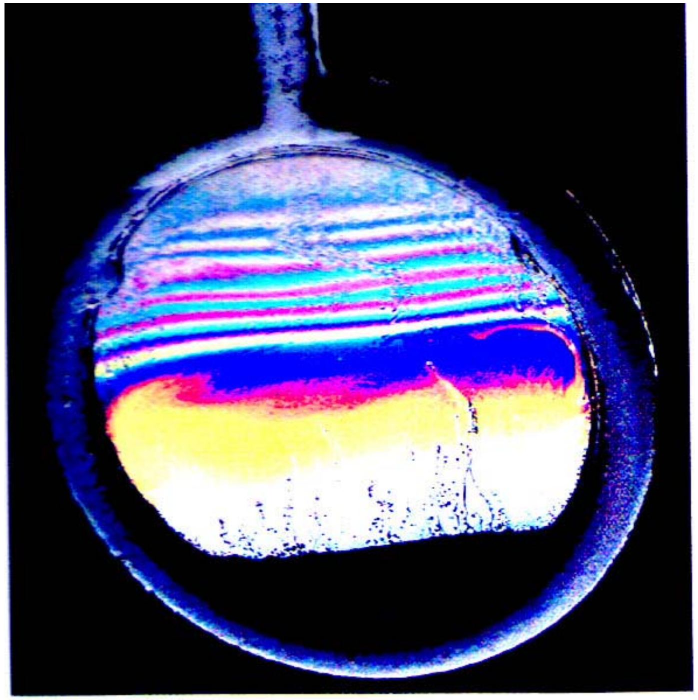
（5）测量高度变化

如果条纹的横向偏移量为Δe,

则对应的Δm为：$\Delta m = \Delta e / e$

此时高度变化为：$H = \dfrac{\lambda}{2n} \cdot \dfrac{\Delta e}{e}$

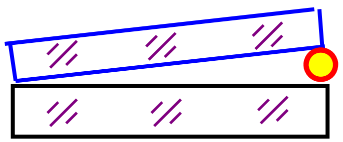
复色光入射得彩色条纹

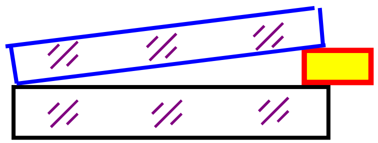


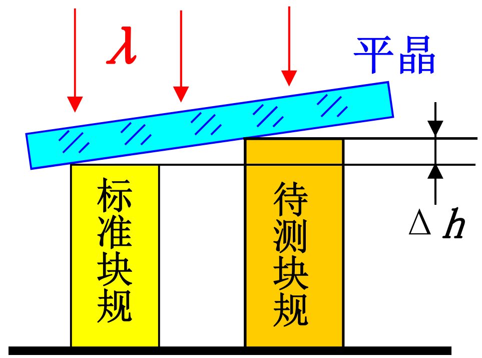
6. 应用

$$e = \frac{\lambda}{2n\alpha}$$

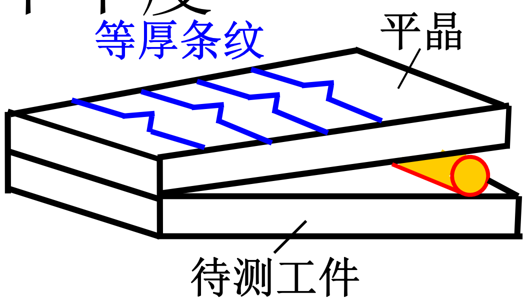
- 测波长：已知α 、n，测e可得λ
- 测折射率：已知 α 、 λ，测e可得n
- 测细小直径、厚度、微小变化



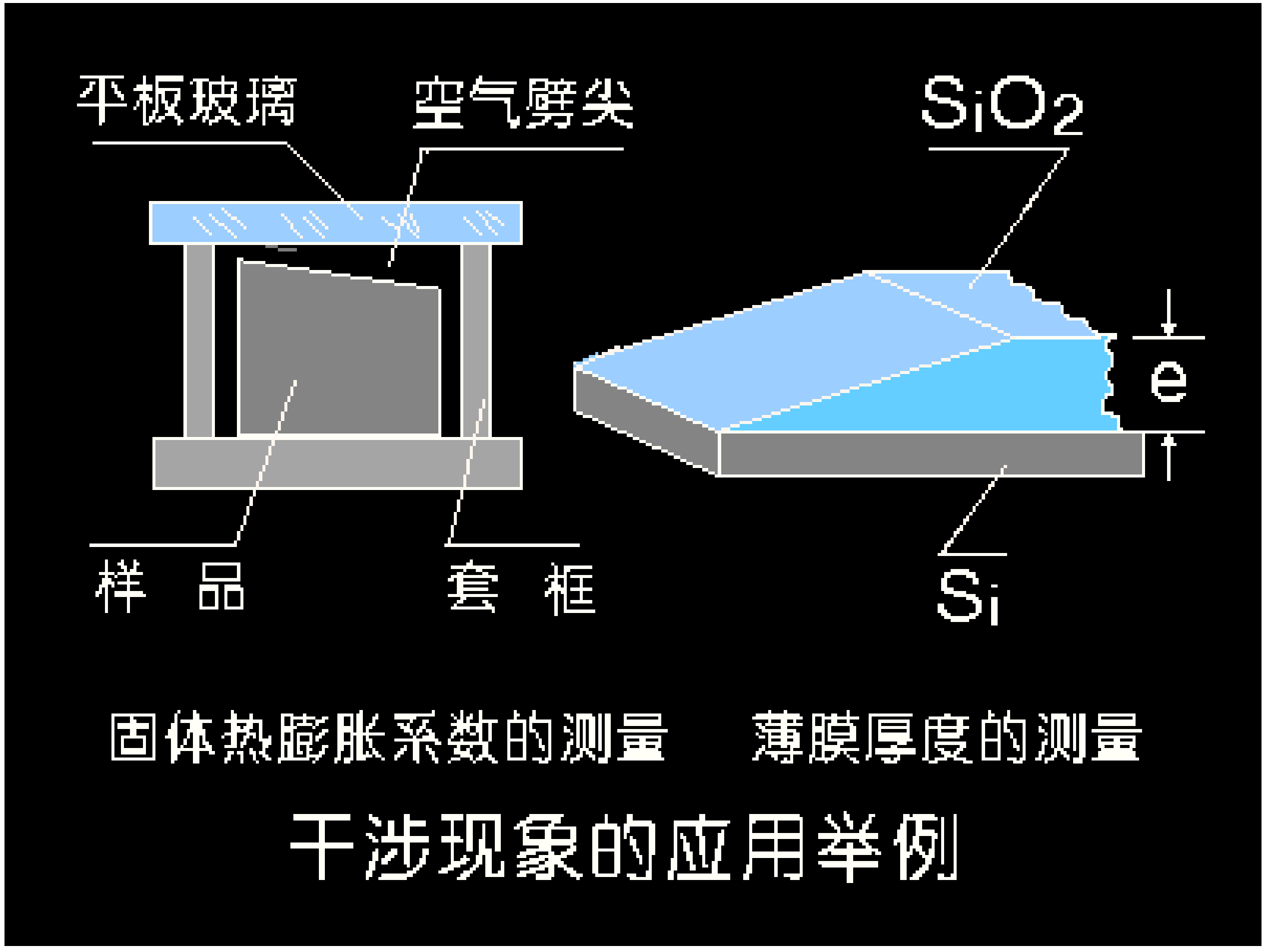




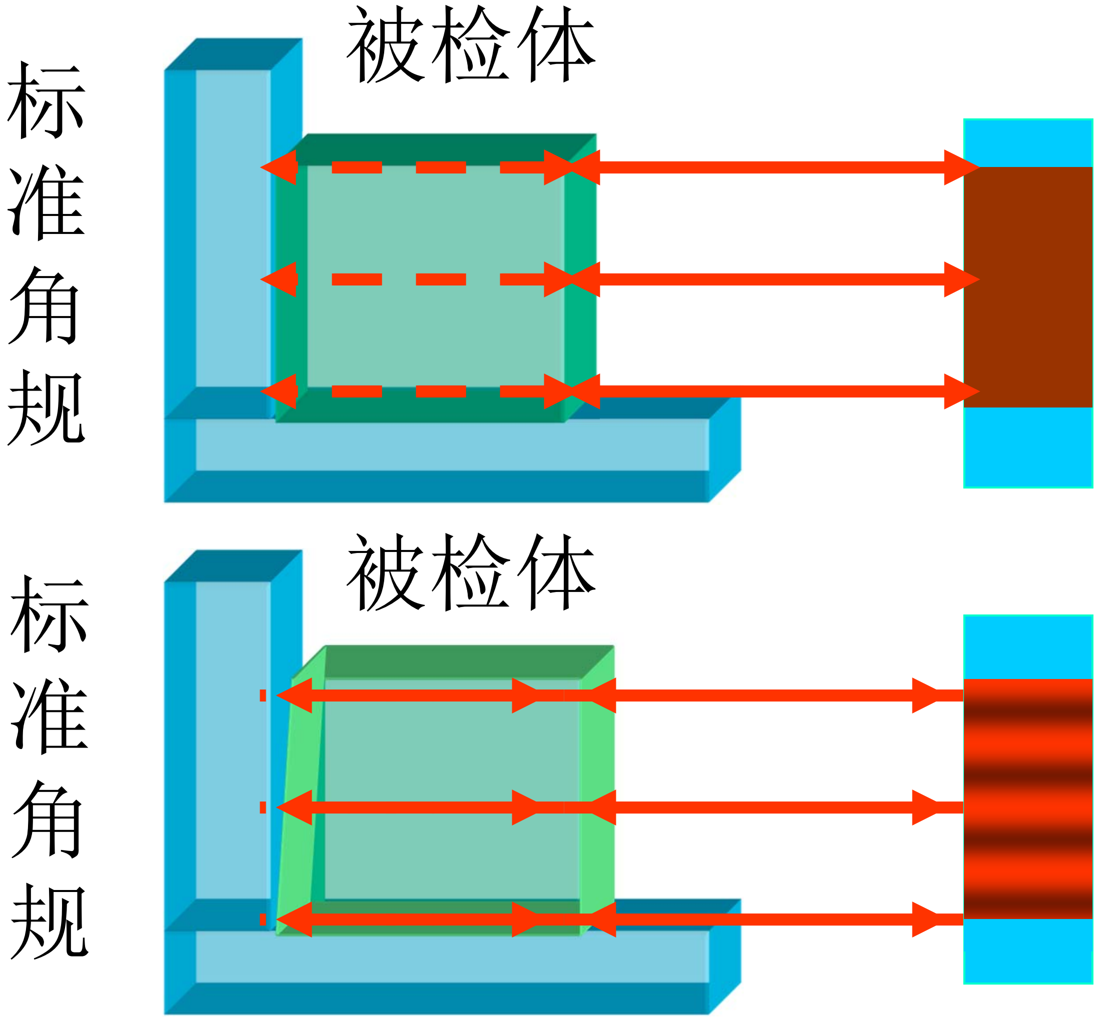
- 测表面不平度



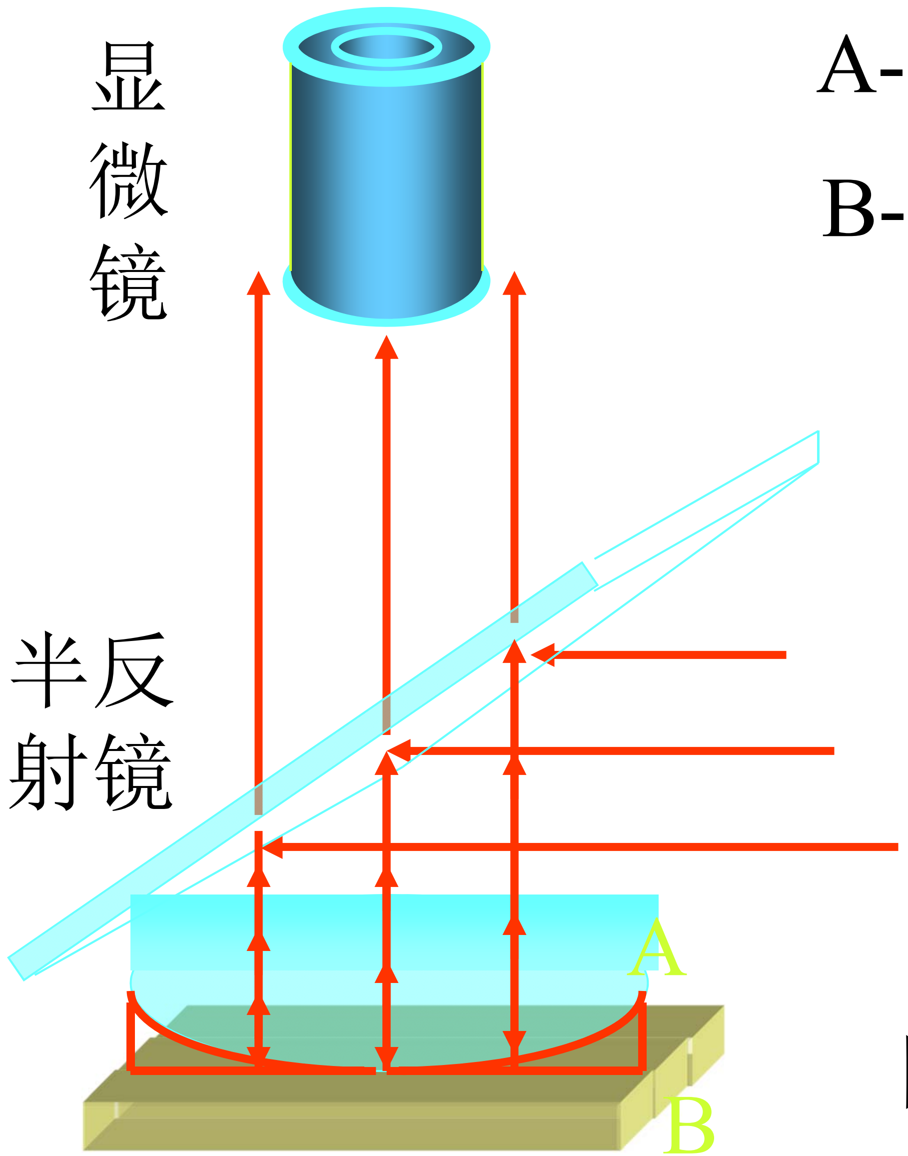
•测定金属材料的热膨胀系数等



检查立方体



四、牛顿环

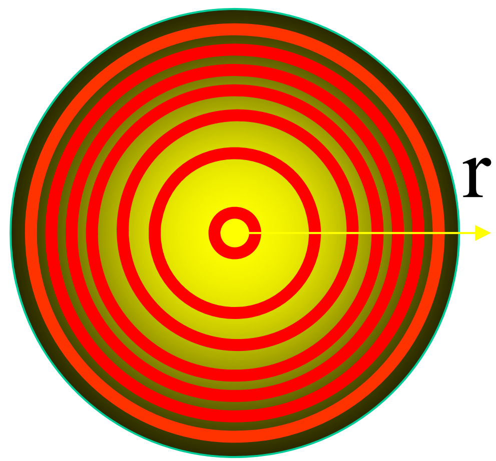


装置：

A--曲率半径很大的凸透镜

B--平面光学玻璃

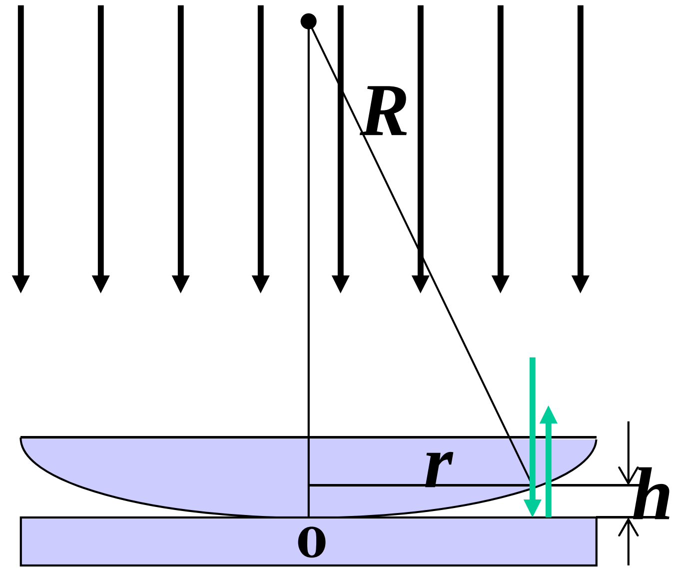
干涉图样：



随着r的增加而变密

$$2nh+\frac{\lambda}{2}=m\lambda \quad \text{明纹}$$

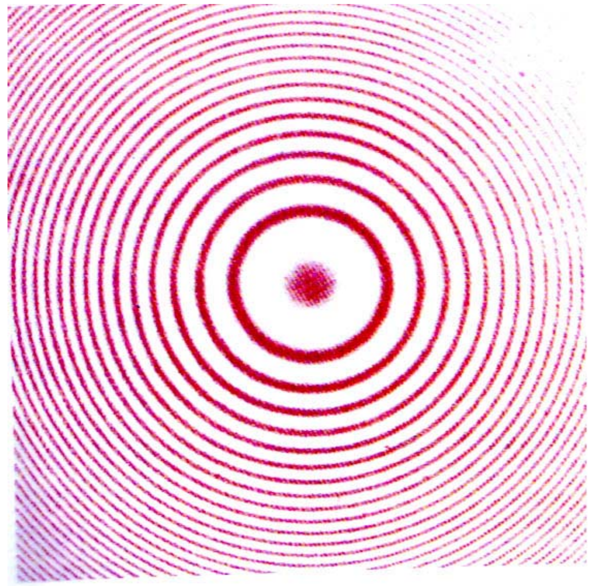
$$2nh+\frac{\lambda}{2}=(2m+1)\frac{\lambda}{2} \quad \text{暗纹}$$



$$r^2=R^2-(R-h)^2=2Rh-h^2$$

$$\because \quad R>>h\rightarrow 2Rh>>h^2$$

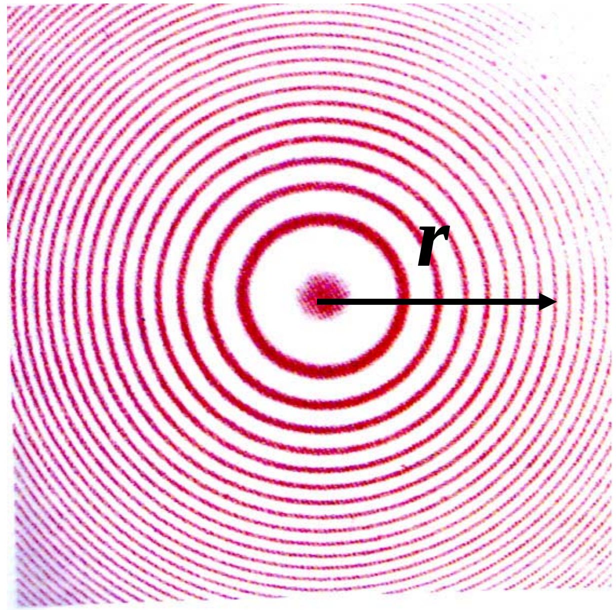
$$h=\frac{r^2}{2R}$$



牛顿环半径公式：

$$r=\sqrt{\frac{(2m-1)R\lambda}{2n}} \quad m=(1,2,\cdots) \quad \text{明环}$$

$$r=\sqrt{\frac{mR\lambda}{n}} \quad (m=0,1,2,\cdots) \quad \text{暗环}$$



讨论：

（1）牛顿环中心是暗点。愈往边缘，条纹级别愈高。

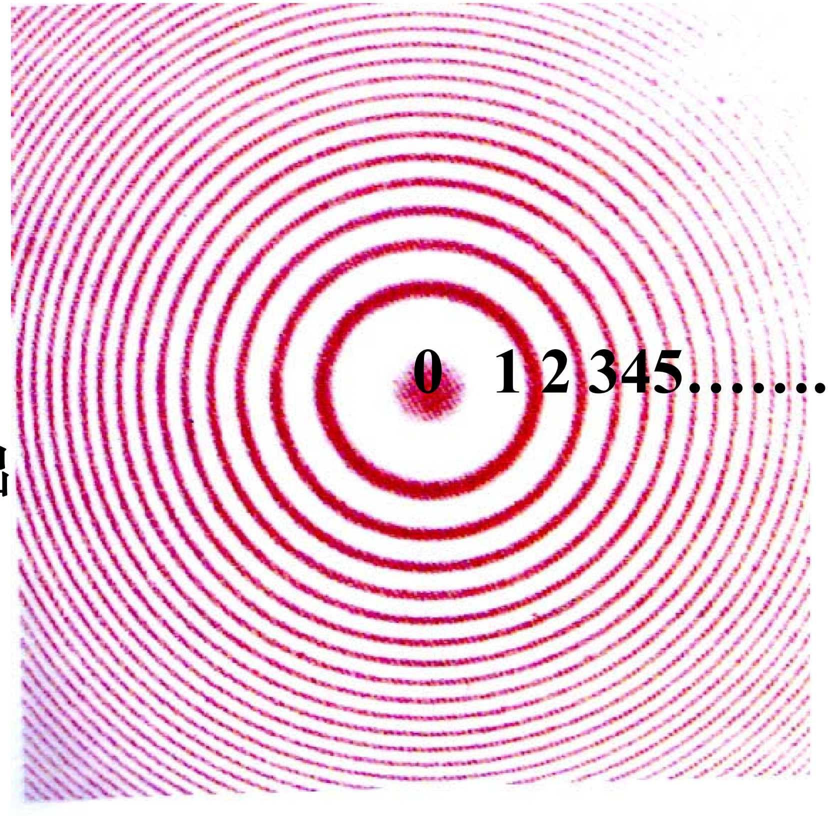
（2）可以证明相邻两环的间隔为 $\Delta r \approx \frac{\sqrt{R\lambda}}{2\sqrt{k}}$

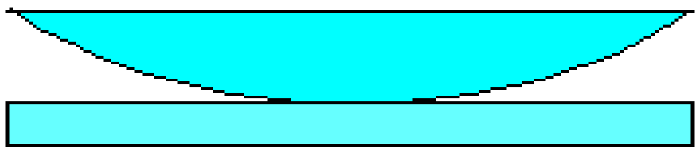
愈往边缘，条纹愈密。

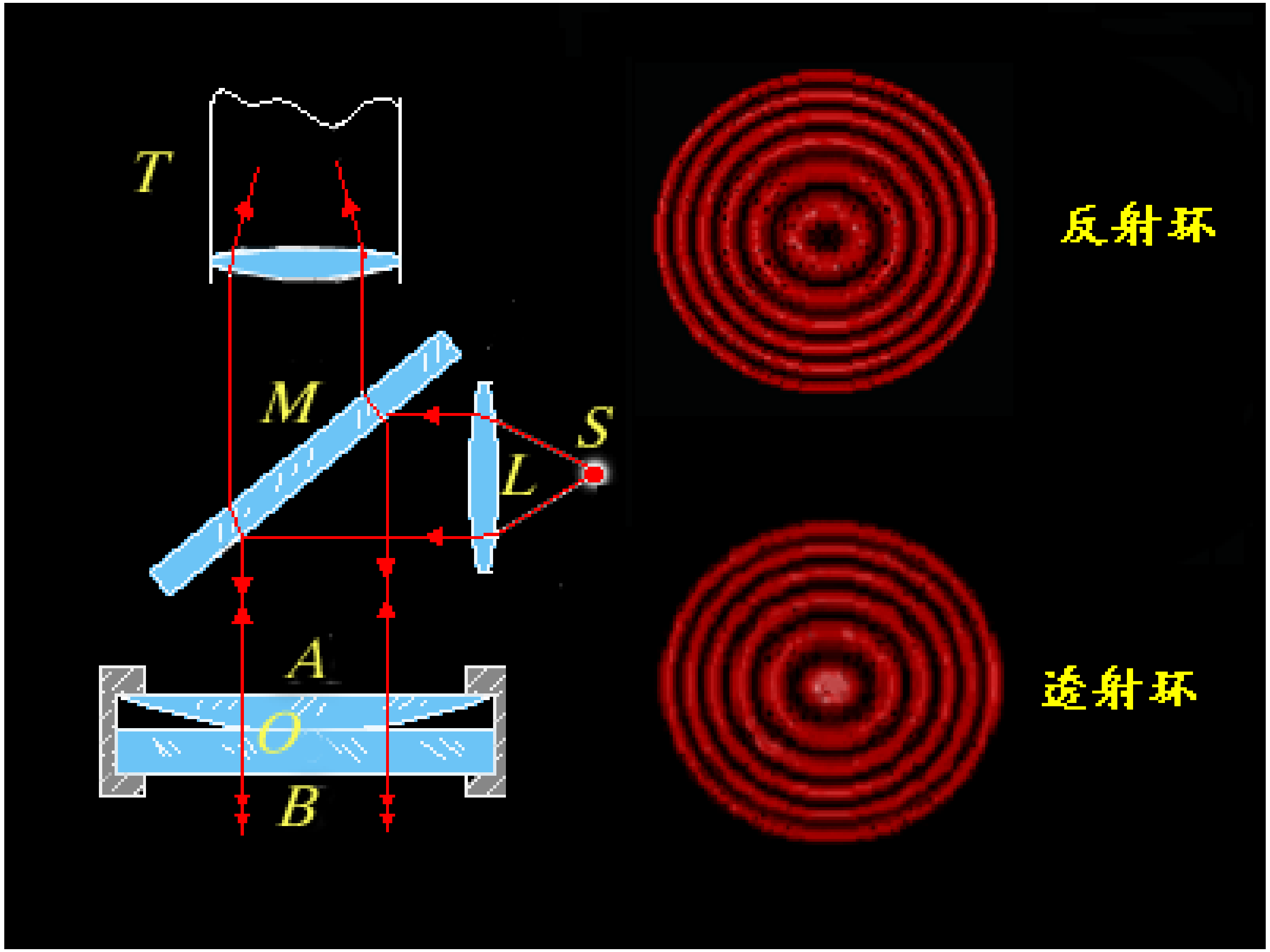
（3）复色光入射，彩色圆环

（4）透射光与之互补

（5）动态反应：连续增加薄膜的厚度, 视场中条纹缩入, 反之，冒出






T
M
S
L
A
O
B
反射环
透射环

牛顿环的应用

$$r_{N+n}^2 - r_N^2 = nR\lambda$$

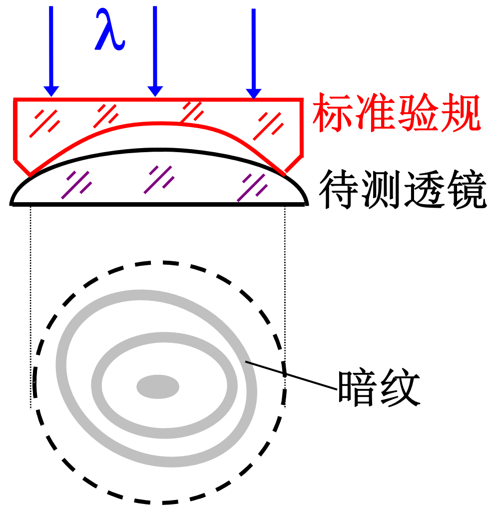
- 测透镜球面的半径R：

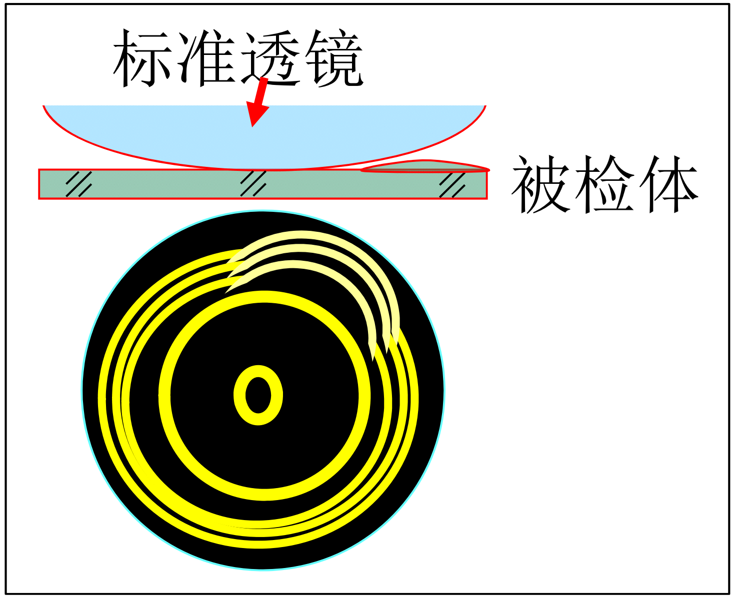
  已知λ，测 n、r_{N+n}、r_N，可得R。

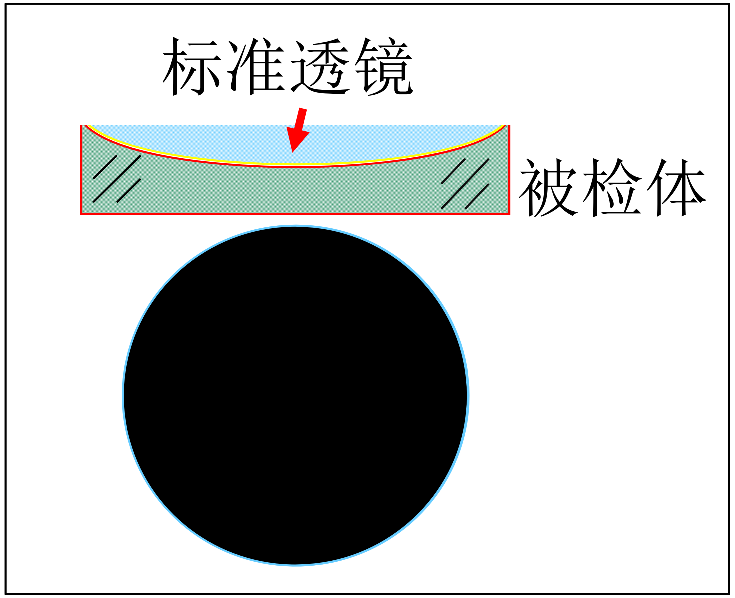
- 测波长 λ：

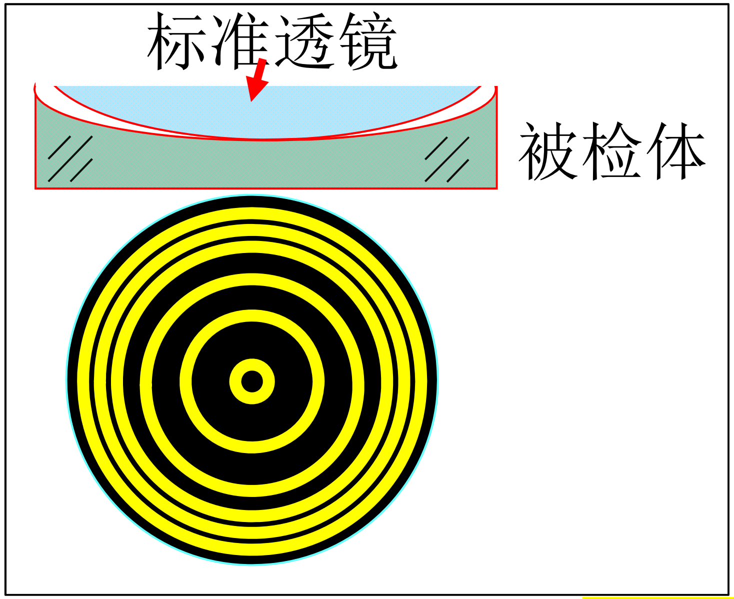
  已知R，测出n 、 r_{N+n}、r_N， 可得 λ。

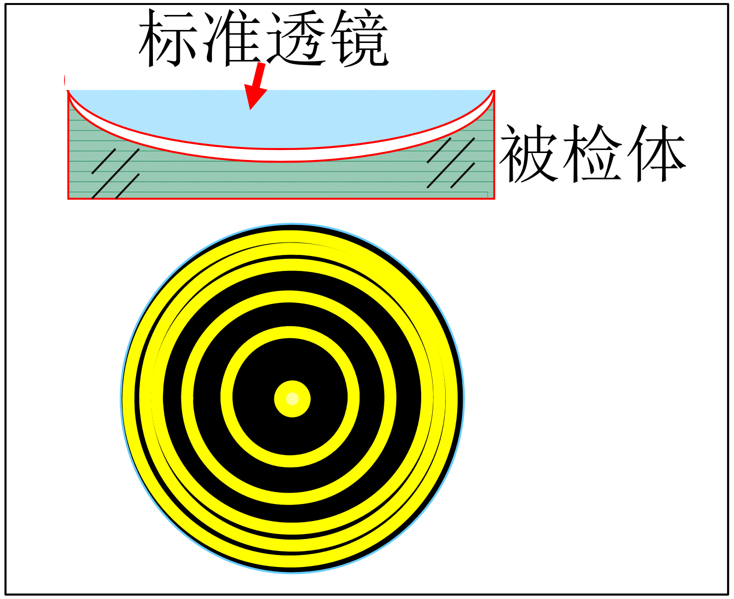
- 检验透镜球表面质量











牛顿环检测

本课内容回顾

1、非定域干涉、定域干涉、定域区、定域面

2、等倾干涉光程差： $\Delta = 2nh\cos\theta_2 + \dfrac{\lambda}{2}$

3、等倾干涉条纹分布

4、等倾干涉条纹角半径： $\theta_{1N} \approx \dfrac{1}{n'}\sqrt{\dfrac{n\lambda}{h}} \cdot \sqrt{N-1+q}$

5、等倾干涉条纹间距： $|d\theta_1| = \left|\dfrac{n\lambda}{2n'^2 h\sin\theta_1}\right|$

6、等厚干涉近似前提及假设

7、等厚干涉条纹分布

8、等厚干涉条纹间距：e≈ $\lambda/2n\alpha$

9、牛顿环

作 业

- P375第11、12、13、14、15和17题。
- 注：第12题，氦氖激光器的波长632.8nm