

§ 15—5 晶体偏振器件

一、偏振器件

(一) 偏振起偏棱镜

(二) 偏振分束棱镜

二、波片（位相延迟器）

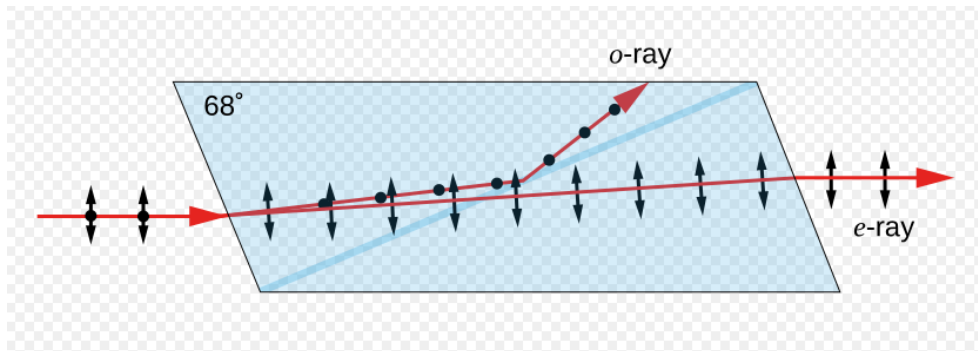
(一) $\lambda/4$ 波片

(二) $\lambda/2$ 波片

(三) 全波片

三、补偿器

一、偏振器件



作用：产生偏振光或检测偏振光。

(一)偏振起偏棱镜

自然光入射，其中一束线偏振光发生全反射，只出射另一束偏振光

1. 尼科耳棱镜（W.Nicol）

材料：方解石

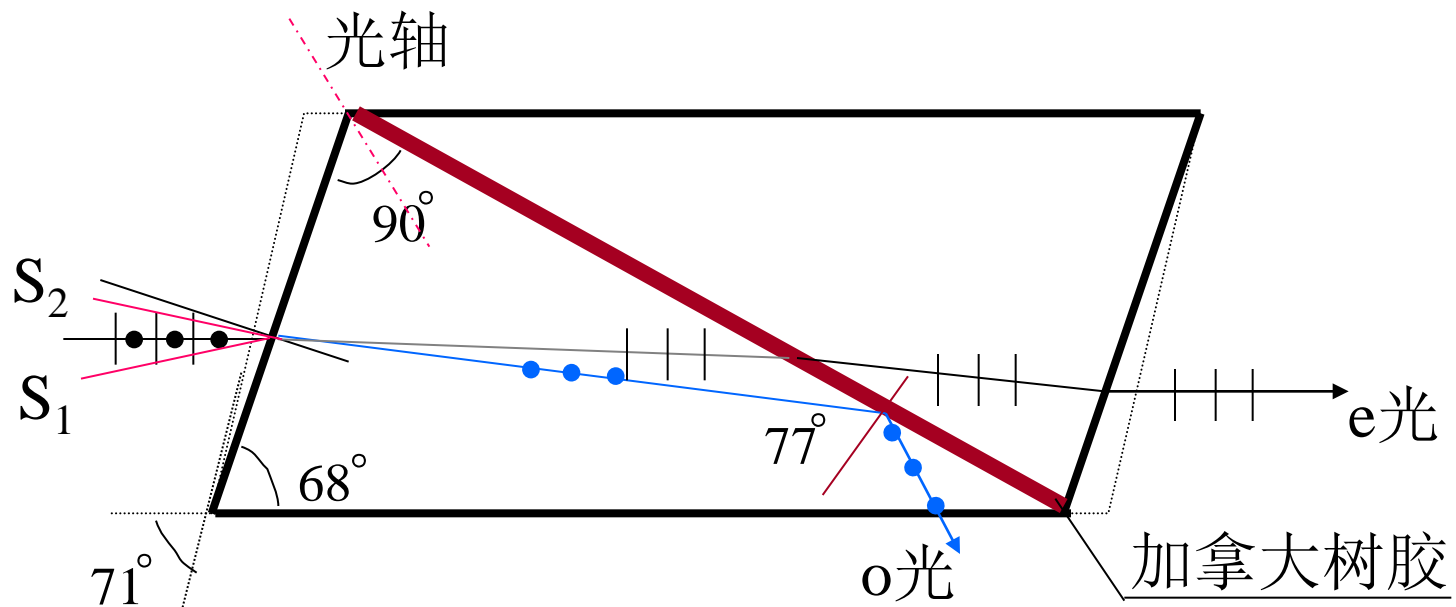
$$n_o = 1.65836, \quad n_e = 1.48641$$

加拿大树胶

$$n_B = 1.55$$

$$n_o > n_B > n_e \quad \theta_c = \sin^{-1} \frac{n_B}{n_o} = \sin^{-1} \frac{1.55}{1.6584} \approx 69^\circ$$

O光全反射，透出的偏振光的光矢量与入射面平行——e光₂



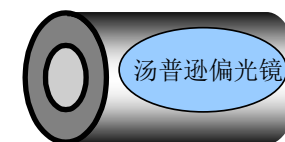
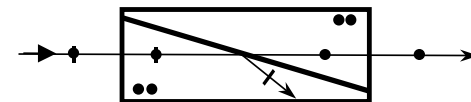
尼科耳棱镜 (W.Nicol)

孔径角: $\pm 14^\circ$

缺点: 1. 不适用于高度会聚或发散的光束
2. 价格十分昂贵

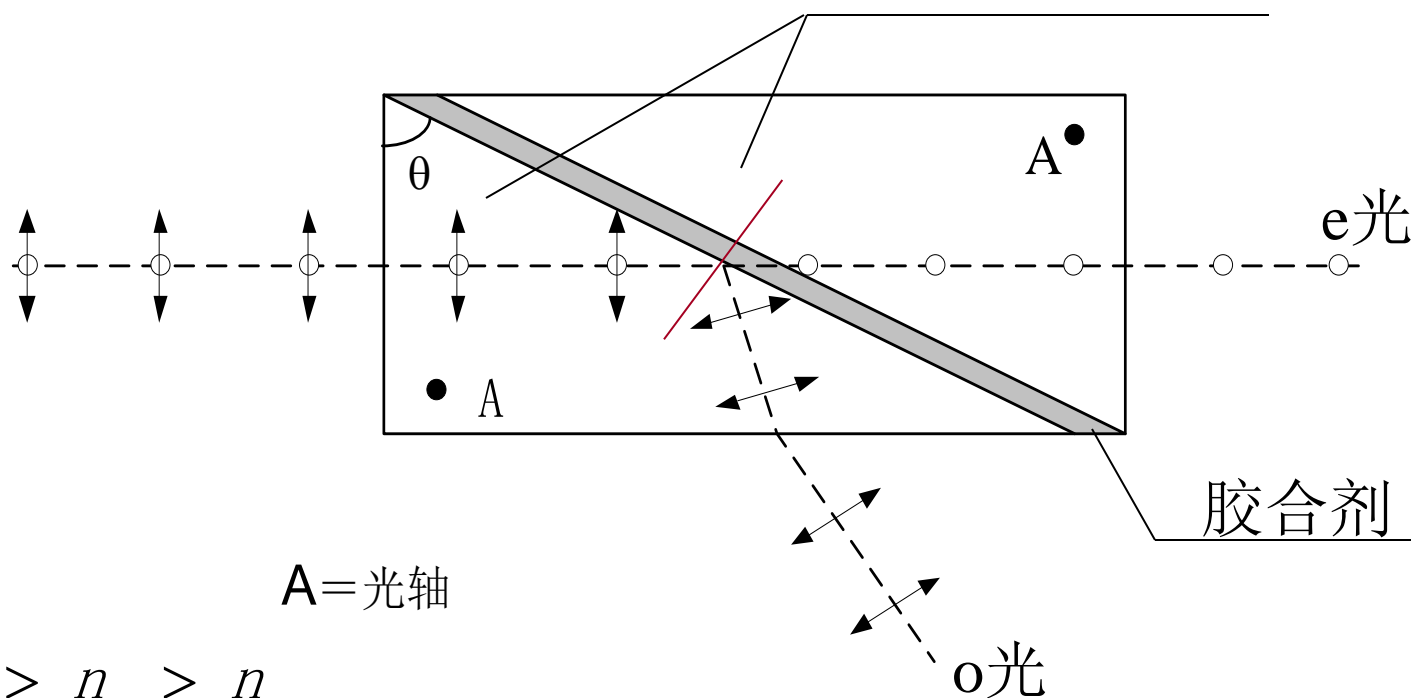
优点: 1. 对可见光的透明度高
2. 能产生完善的线偏振光

综合评定: 比较优良



2. 格兰—汤姆逊 (Glan-Thompson) 棱镜

光垂直于棱镜端面入射时 方解石直角棱镜

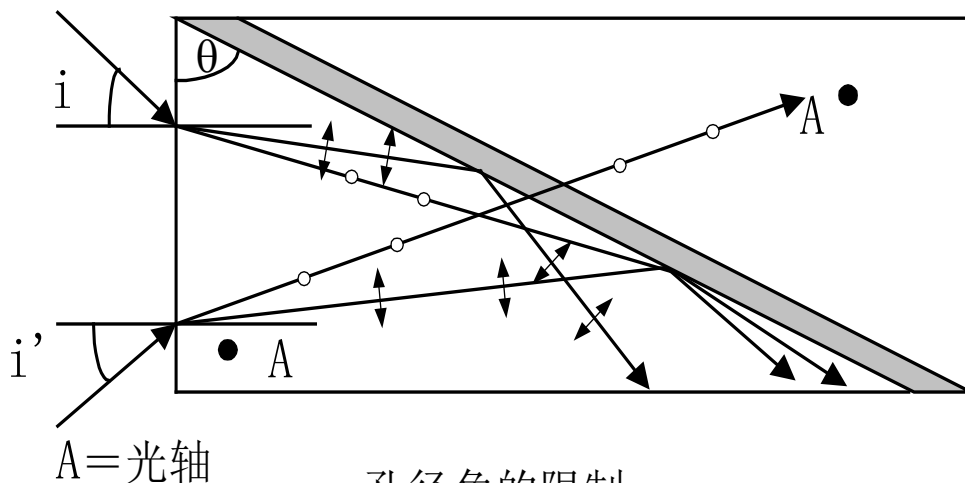


A=光轴

$$n_o > n_g > n_e$$

胶合剂的折射率 n_g 大于并接近e光的折射率但小于o光的折射率，并选取 θ 角大于o光在胶合面上的临界角。□

当入射光束不是平行光或平行光非正入射时



$$\lambda = 589.3nm$$

$$n_o = 1.65836, \quad n_e = 1.48641 \quad \text{加拿大树胶} \quad n_B = 1.55 \quad \theta_c \approx 69^\circ$$

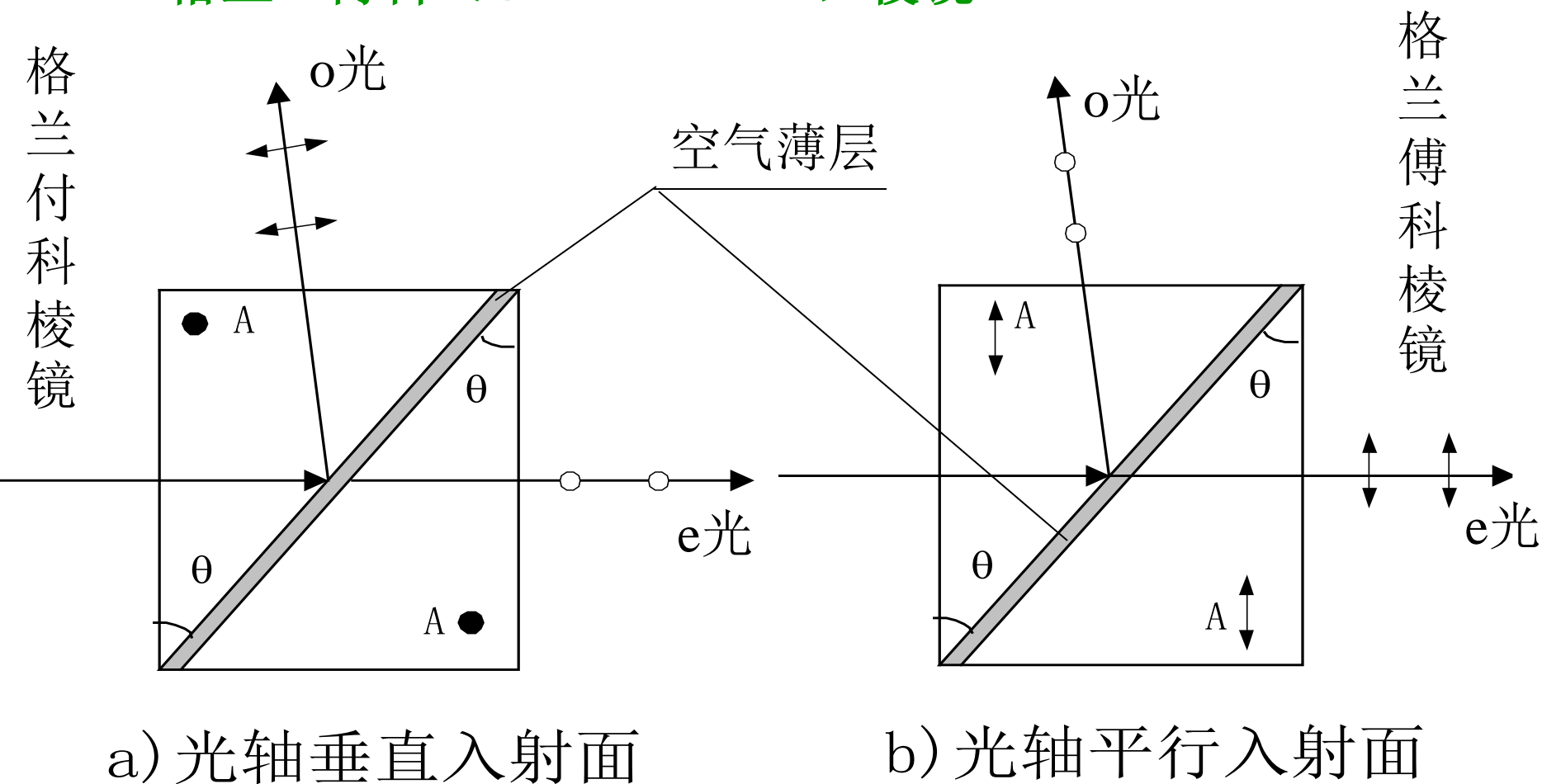
$$\theta = 73^\circ \quad \text{tg} \theta = 3.27 \quad \text{长宽比: } 3.27:1 \quad \text{孔径角: } 13^\circ$$

$$\theta = 81^\circ \quad \text{tg} \theta = 6.31 \quad \text{长宽比: } 6.31:1 \quad \text{孔径角: } 40^\circ$$

$$\text{甘油} \quad n_B = 1.474$$

$$\theta = 72.90^\circ \quad \text{tg} \theta = 3.25 \quad \text{长宽比: } 3.25:1 \quad \text{孔径角: } 32^\circ$$

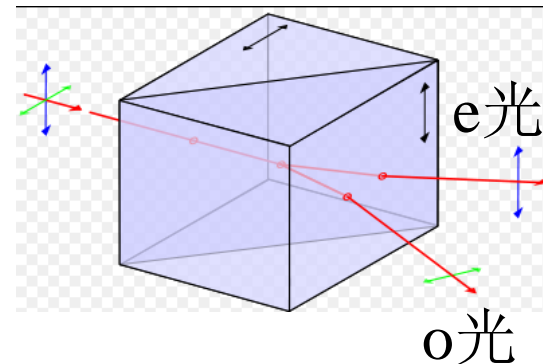
3. 格兰—傅科 (Glan-Foucault) 棱镜



优点：适用于紫外波段，能承受强光照射

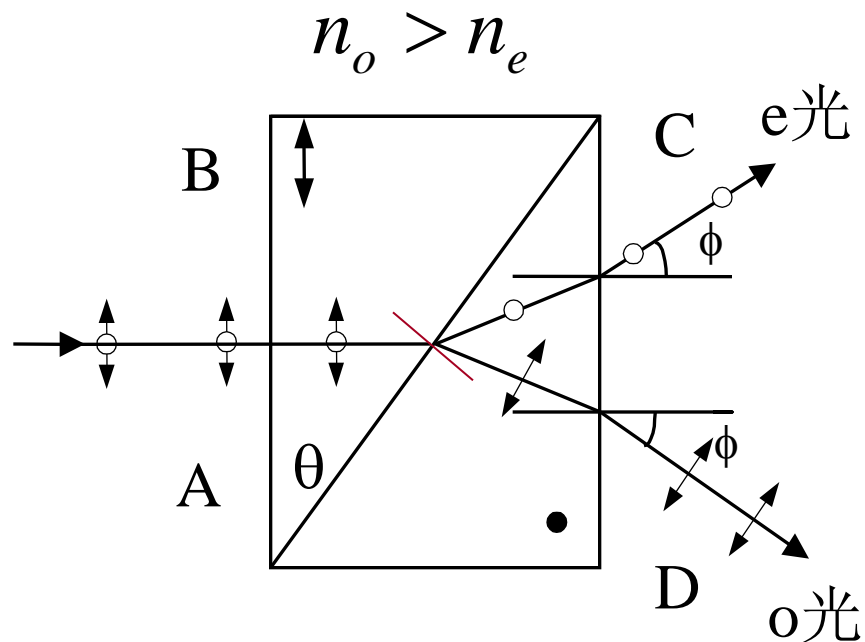
缺点：孔径角小，透射比不高

(二) 偏振分束棱镜——也称为双像棱镜
改变振动方向互相垂直的两束线偏振光的传播方向，获得两束分开的线偏振光



1. 渥拉斯顿棱镜 (Wollaston) :

利用两个正交的光轴分解光。材料：冰洲石，石英



光从棱镜1进入棱镜2时，光轴转了90度

o光变e光：光密→光疏，折射角 > 入射角 偏离法线传播

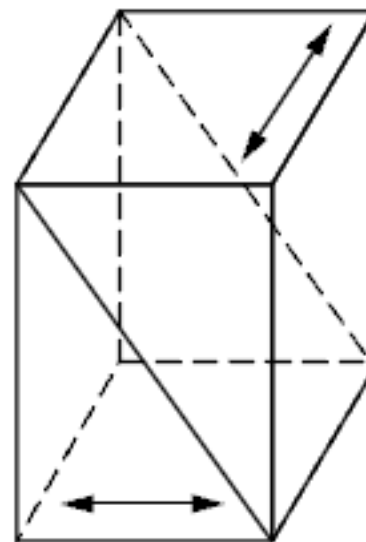
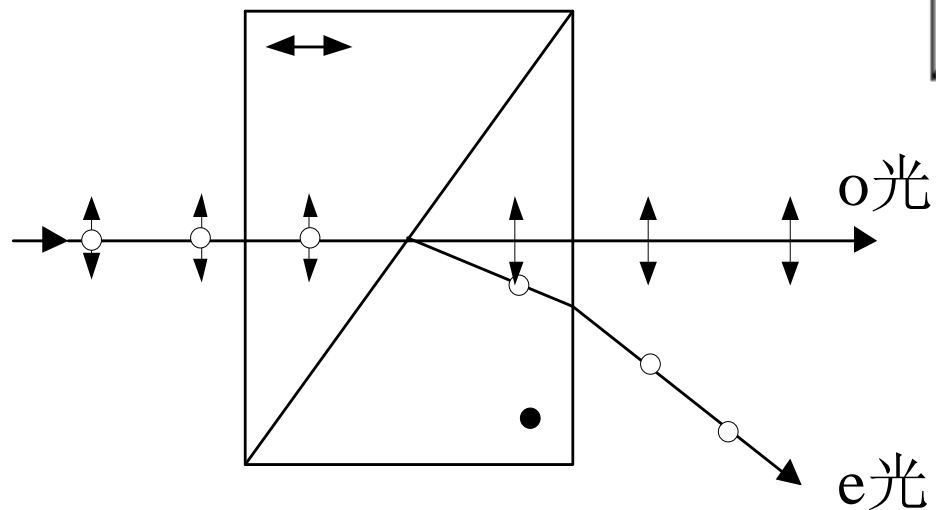
e光变o光：光疏→光密，折射角 < 入射角，靠近法线传播

$$\phi = \arcsin[(n_o - n_e) \tan \theta]$$

2.洛匈棱镜

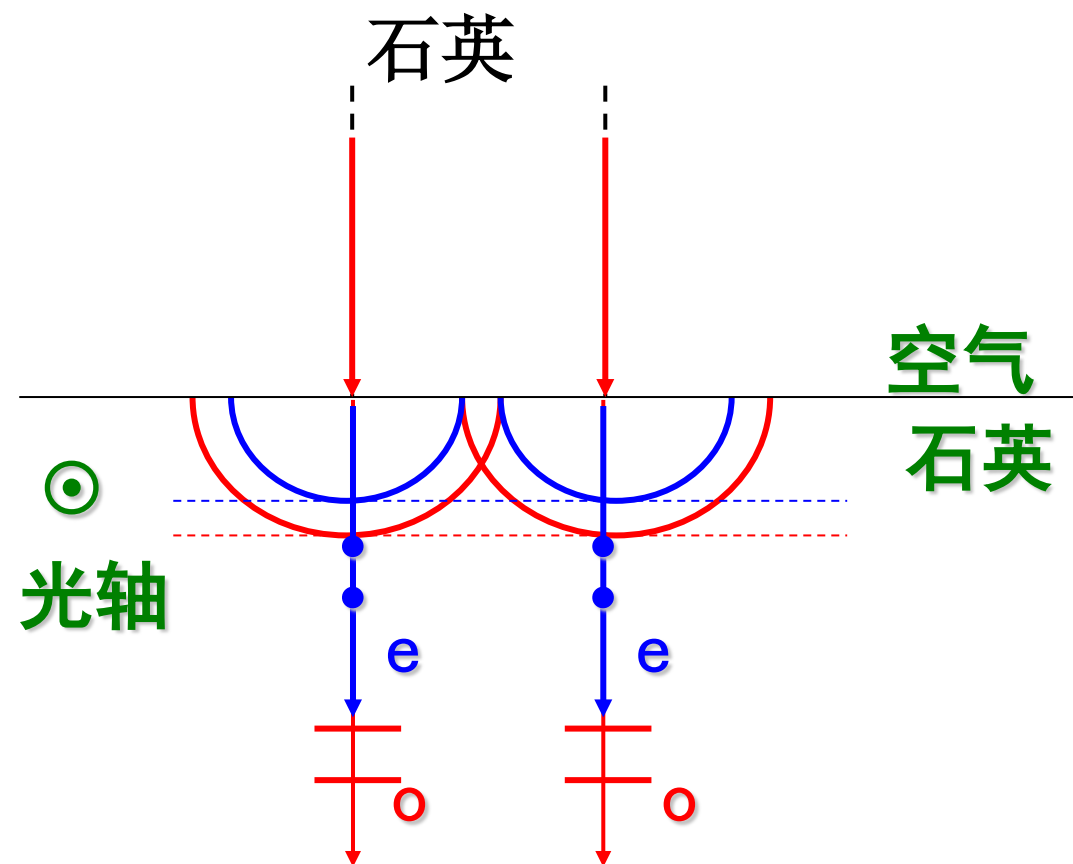
材料：石英

$$n_e > n_o$$



只允许光从左方射入棱镜

二、波片（位相延迟器）



当一束线偏振光垂直入射波片（光轴与表面平行）时，可分解为垂直光轴和沿着光轴方向的振动方向相互垂直的o光和e光，其折射率分别为 n_o, n_e

且 $n_o \neq n_e$

二、波片（位相延迟器）

它的作用是：

**使两个振动方向相互垂直的光产生位相延迟，
改变光的偏振状态。**

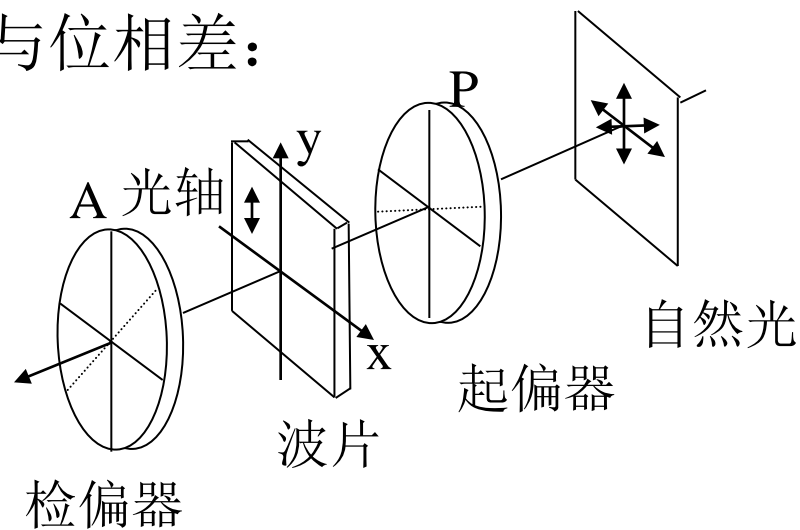
制作：用单轴透明晶体做成的平行平板，光轴与表面平行。

o 光和 e 光通过波片时的光程差与位相差：

$$\Delta = |n_o - n_e|d$$

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} |n_o - n_e|d$$

d 是波片厚度。



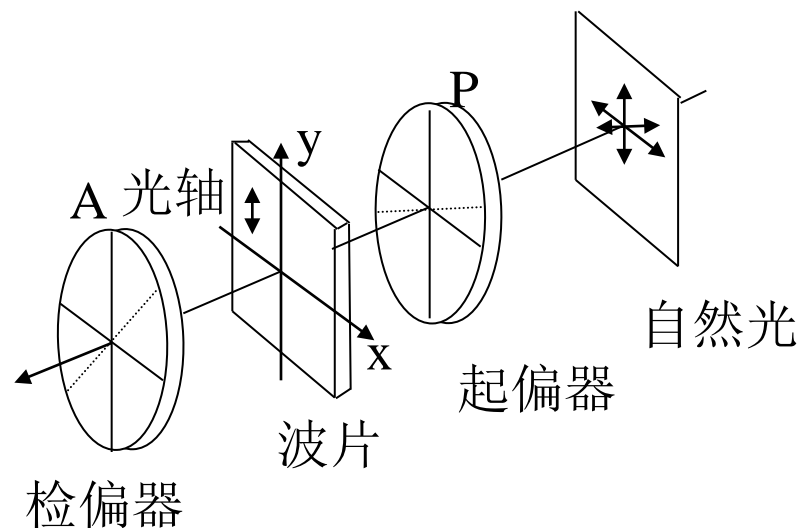
快轴和慢轴：

快轴：称晶体中传播速度快的光矢量方向为快轴。

慢轴：称晶体中传播速度慢的光矢量方向为慢轴。

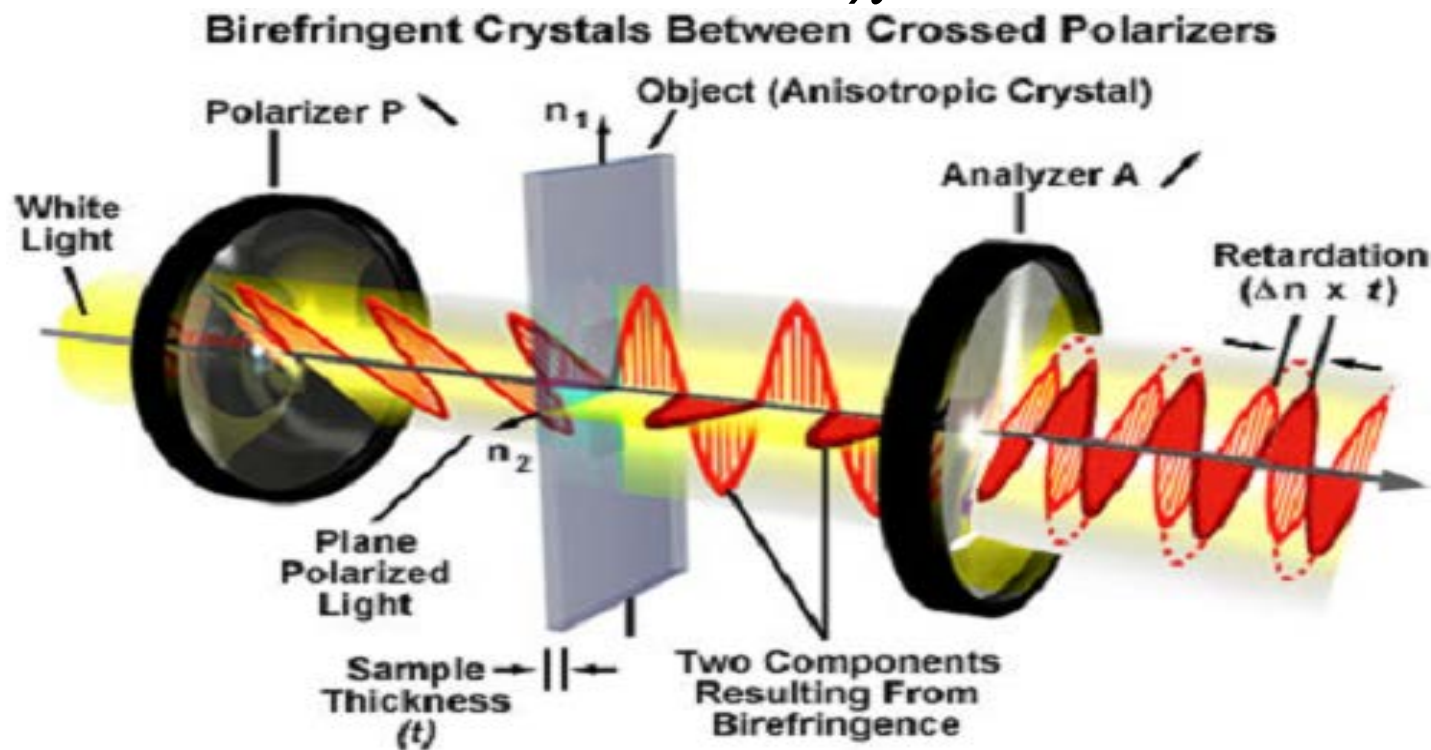
负单轴晶体，快轴在 \mathbf{e} 光光矢量方向，即光轴方向；
正单轴晶体快轴在 \mathbf{o} 光光矢量方向

波片最常用的材料：云母，石英，聚乙烯醇薄膜



故通过波片后，慢轴方向光矢量相对于快轴方向光矢量的相位延迟量为：

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} |n_o - n_e| d$$



通过波片后，两束同频率的互相垂直振动的线偏振光的叠加，一般形成椭圆偏振光（当然也可能是圆偏振光，线偏振光），这样，经波片后，偏振态就发生了改变。

1、 $\lambda/4$ 波片

若 $\Delta = |n_o - n_e|d = (m + \frac{1}{4})\lambda$, 对应的 $\delta = 2m\pi + \frac{\pi}{2}$

则称该波片是 $1/4$ 波片, $1/4$ 波片的最小厚度:

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{4(n_o - n_e)}$$

当 $n_o > n_e$ 时, e光超前, 波片的快轴为e 矢量方向。

性质:

- 1) 线偏振光入射时, 出射光为椭圆偏振光
- 2) 与快慢轴都成 45° 线偏振光入射, 出射光为圆偏振光
- 3) 可以使圆偏振光或椭圆偏振光变成线偏振光
- 4) 对某一特定波长的光产生某一特定的相位变化
- 5) 自然光入射, 出射光为自然光

2、 $\lambda/2$ 波片

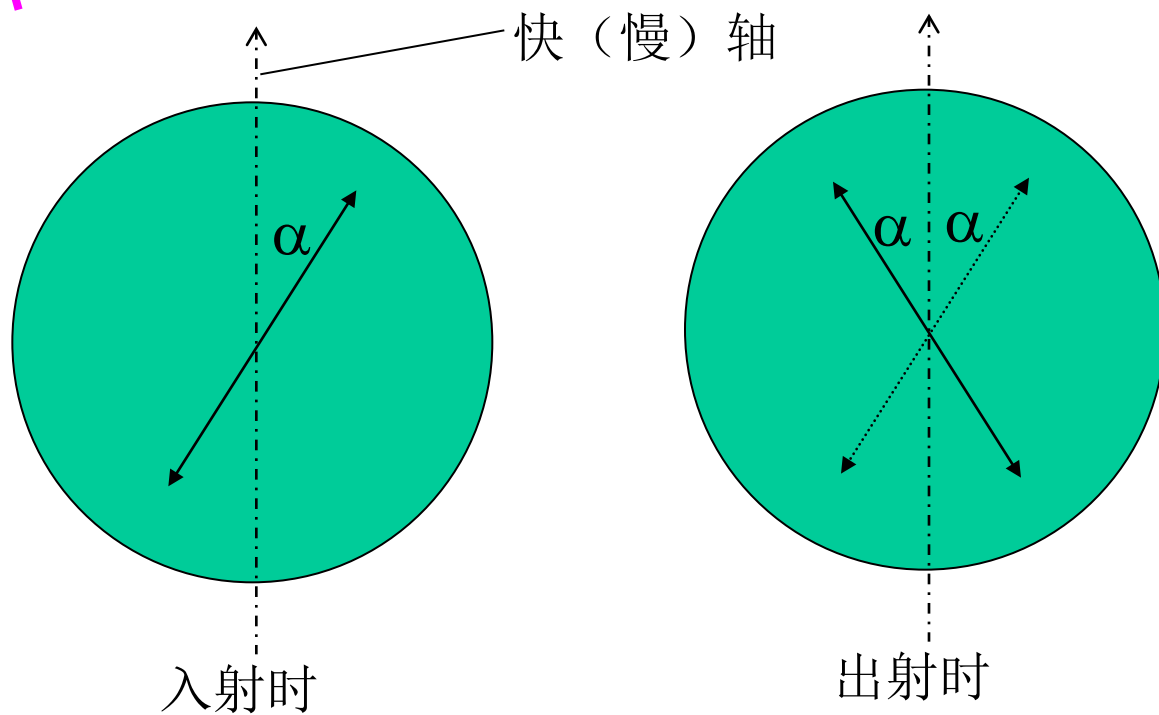
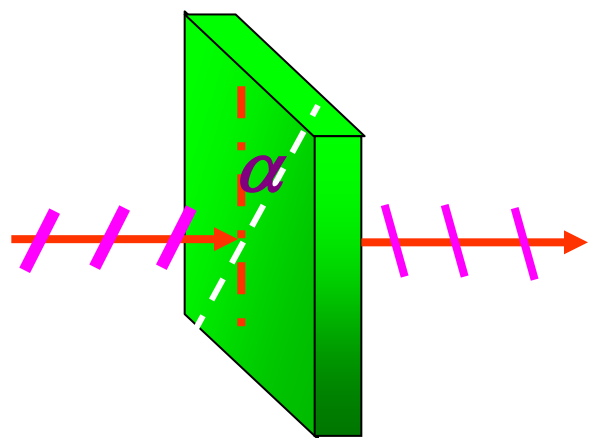
O光和e光产生的光程差

$$\Delta = |n_o - n_e|d = (m + \frac{1}{2})\lambda, \text{ 对应的 } \delta = (2m + 1)\pi$$

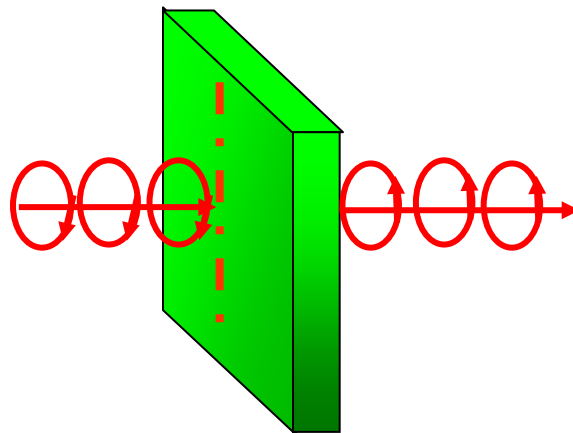
称该晶片为二分之一波片。

性质：

- 1) 椭圆偏振光入射时，出射光仍为椭圆偏振光，只是旋向相反；
- 2) 线偏振光入射时，出射光仍为线偏振光。若入射的线偏振光与快（慢）轴夹角为 α ，出射光的振动方向向着快（慢）轴转动了 2α 。



线偏振光通过半波片后光矢量的转动



若入射的是圆偏振光(已有 $\pi/2$), 经 $1/2$ 波片(又有 $\pm \pi$), 出来仍是圆偏振光, 但是

左旋 \Leftrightarrow 右旋

圆偏振光入射时, 出射光是旋向相反的圆偏振光。

若入射的是椭圆偏振光, 经 $1/2$ 波片, 出来仍是椭圆偏振光, 但是旋转的方向改变, 而且椭圆的长轴转过 2α 角.

3、全波片

$$\Delta = |n_o - n_e|d = m\lambda, \text{ 对应的 } \delta = 2m\pi$$

称该晶片为全波片。

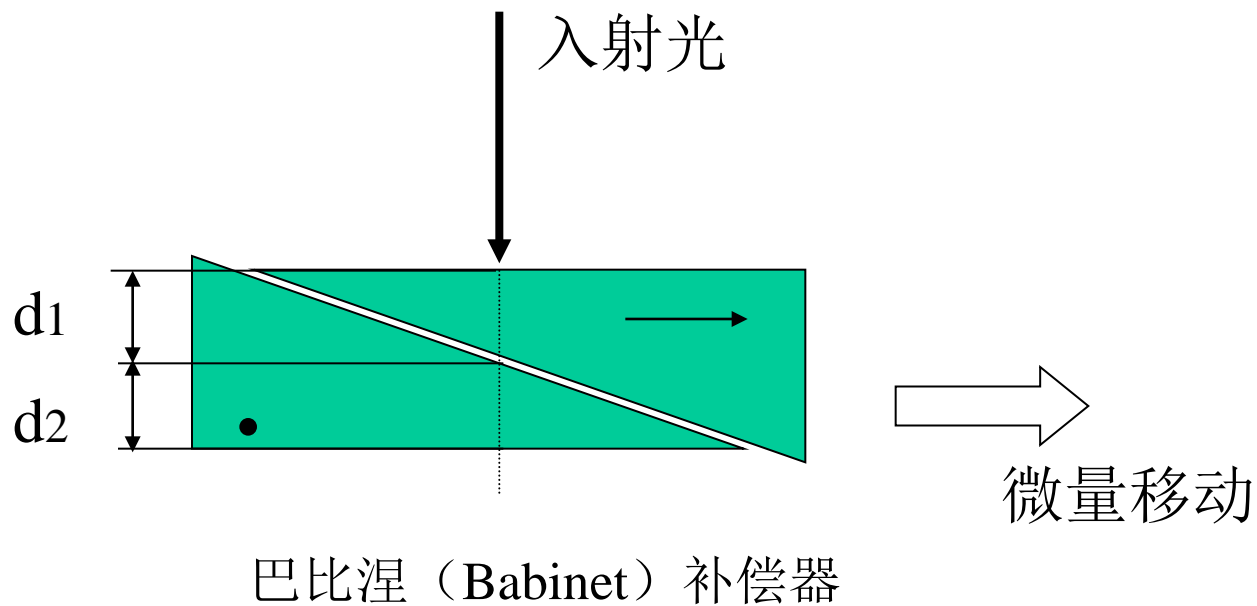
性质：

- 1) 不改变入射光的偏振状态；
- 2) 只能增大光程差。

线偏光垂直通过波片后的偏振态

d	α	出射光的偏振态
波长片	任意	与入射光偏振态相同
任意	0° 或 90°	与入射光偏振态相同
1/2波片	α	出射线偏光振动方向与入射光振动方向对于光轴对称，两者间夹角 2α
1/4波片	45° 0° 或 90° $\alpha \neq 90^\circ \quad \alpha \neq 45^\circ$	圆偏振光 线偏光 长短轴之比为 $\tan\alpha$ 或 $\cot\alpha$ 的正椭圆偏光
非波片	$\alpha \neq 0^\circ$ $\alpha \neq 45^\circ$ $\alpha \neq 90^\circ$	椭圆偏振光
非半波片		
非波片		
非半波片	$\alpha=45^\circ$	椭圆偏振光
非1/4波片		

三、补偿器 产生连续改变的位相差



$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e)(d_1 - d_2)$$

本课内容回顾

- 1、偏振起偏棱镜、偏振分束棱镜
- 2、波片：原理、快轴和慢轴、 $1/4$ 波片、 $1/2$ 波片、全波片
- 3、补偿器：平移式，旋转式

作 业

- P530第10和15题