

§ 15—7 偏振光的变换和测定

一、偏振光的变换

- 1、椭圆偏振光的获得
- 2、偏振光的检验

二、偏振光的测定

- 1、线偏振光的测定
- 2、椭圆偏振光的测定

§ 15—7 偏振光的变换和测定

一、偏振光的变换

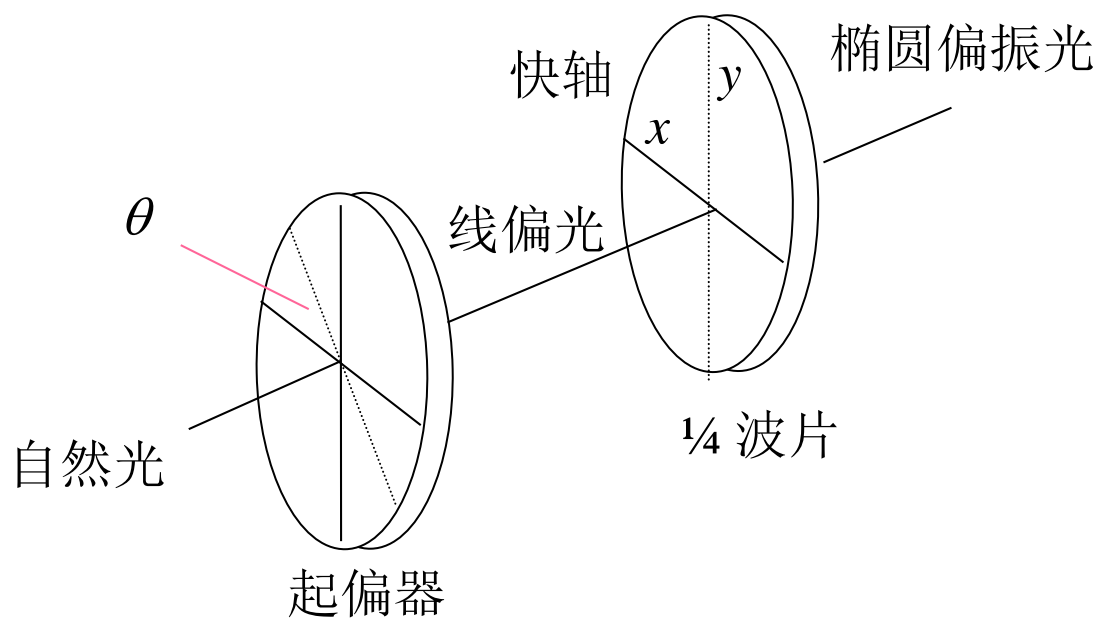
1、椭圆偏振光的获得

问题：

- (1) 从自然光获得线偏振光的方法？
- (2) 两个振动方向垂直的并具有一定位相差的单色光波的叠加？
- (3) $\lambda/4$ 波片的性质？

1、椭圆偏振光的获得

方法：采用起偏器和 $\lambda/4$ 波片从自然光中获得



2、偏振光的检验

方法：利用位相延迟器和偏振器

椭圆偏振光

部分椭圆偏光

部分线偏光

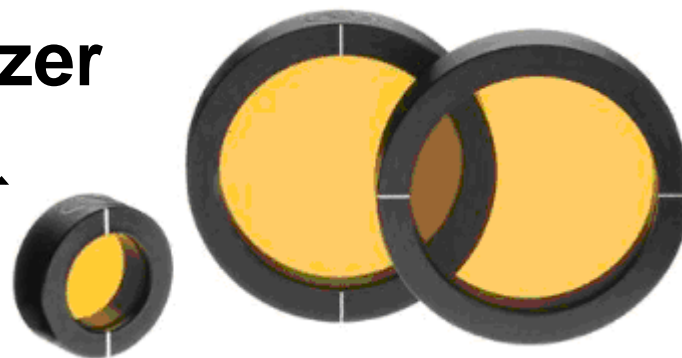
问题：

(1) 偏振器的作用？

(2) 位相延迟器的作用？



Polarizer
偏振片

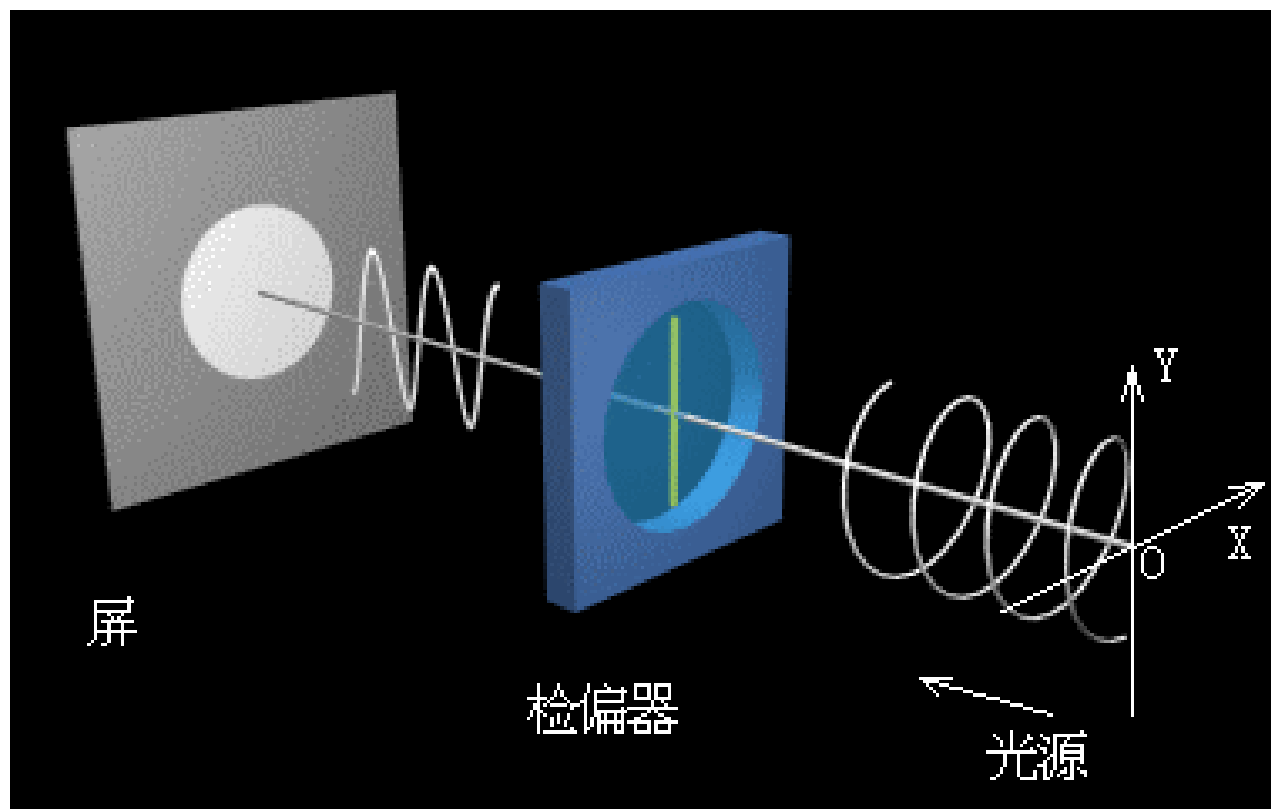


Waveplates 波片



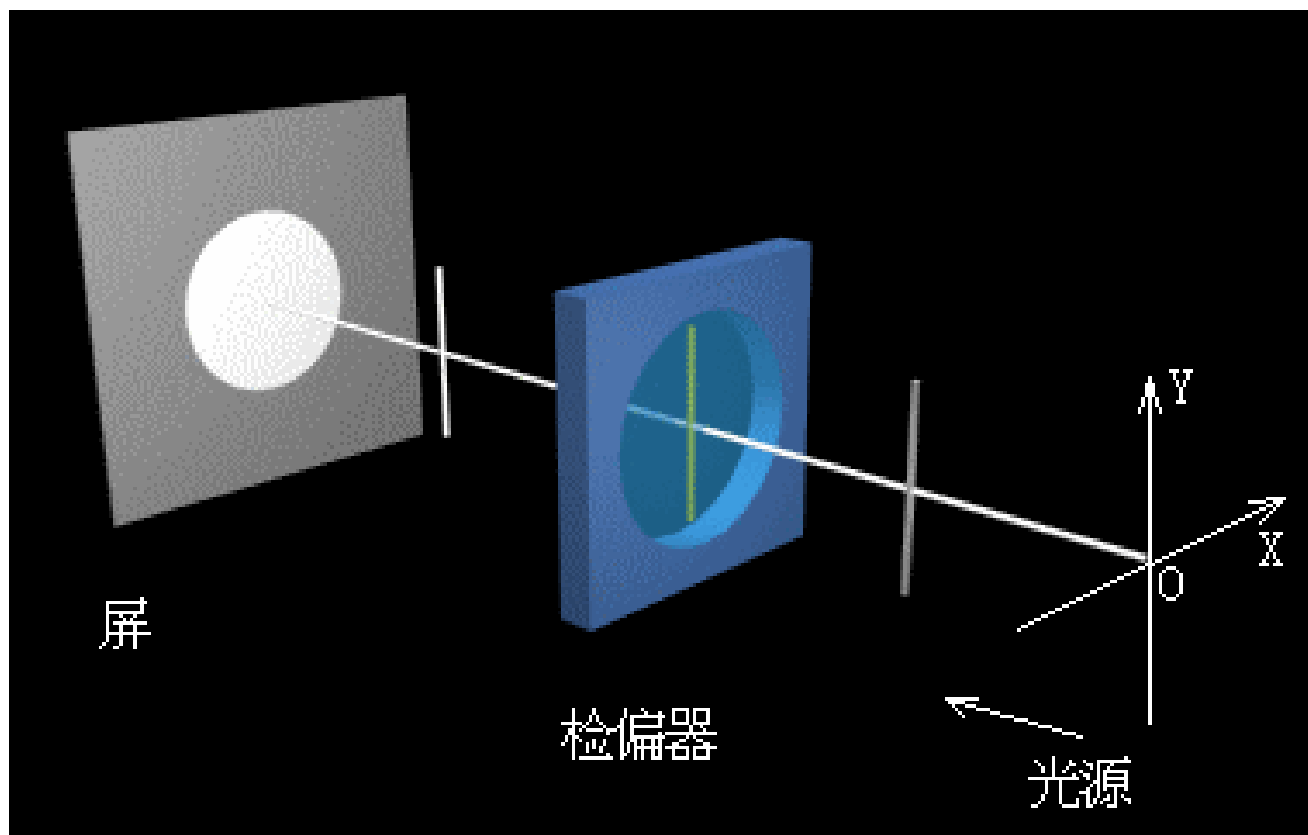
自然光、圆偏振光和部分圆偏振光

在光路中插入检偏器，屏上光强减半。检偏器旋转，屏上亮暗无变化。



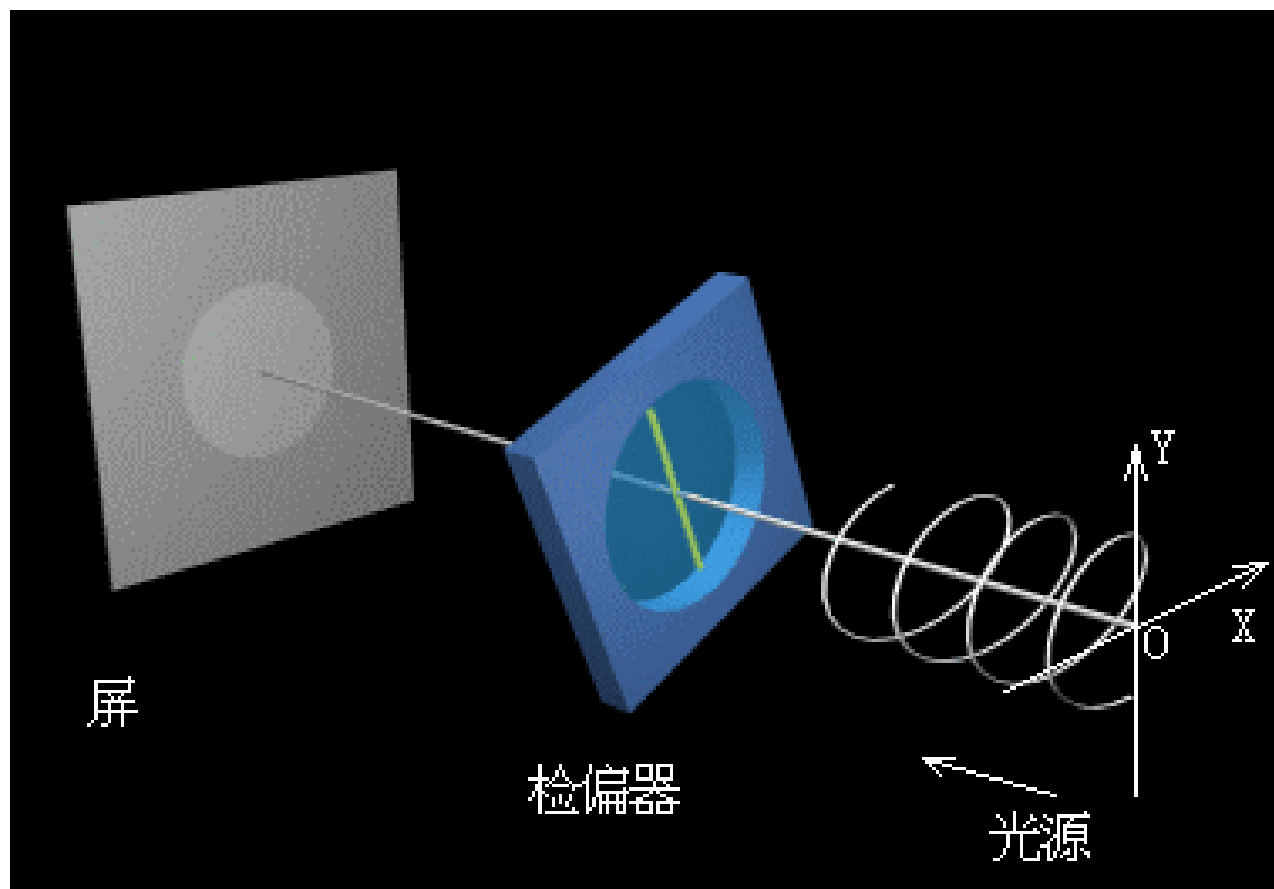
线偏振光

检偏器旋转一周，光强两亮两暗（消光）



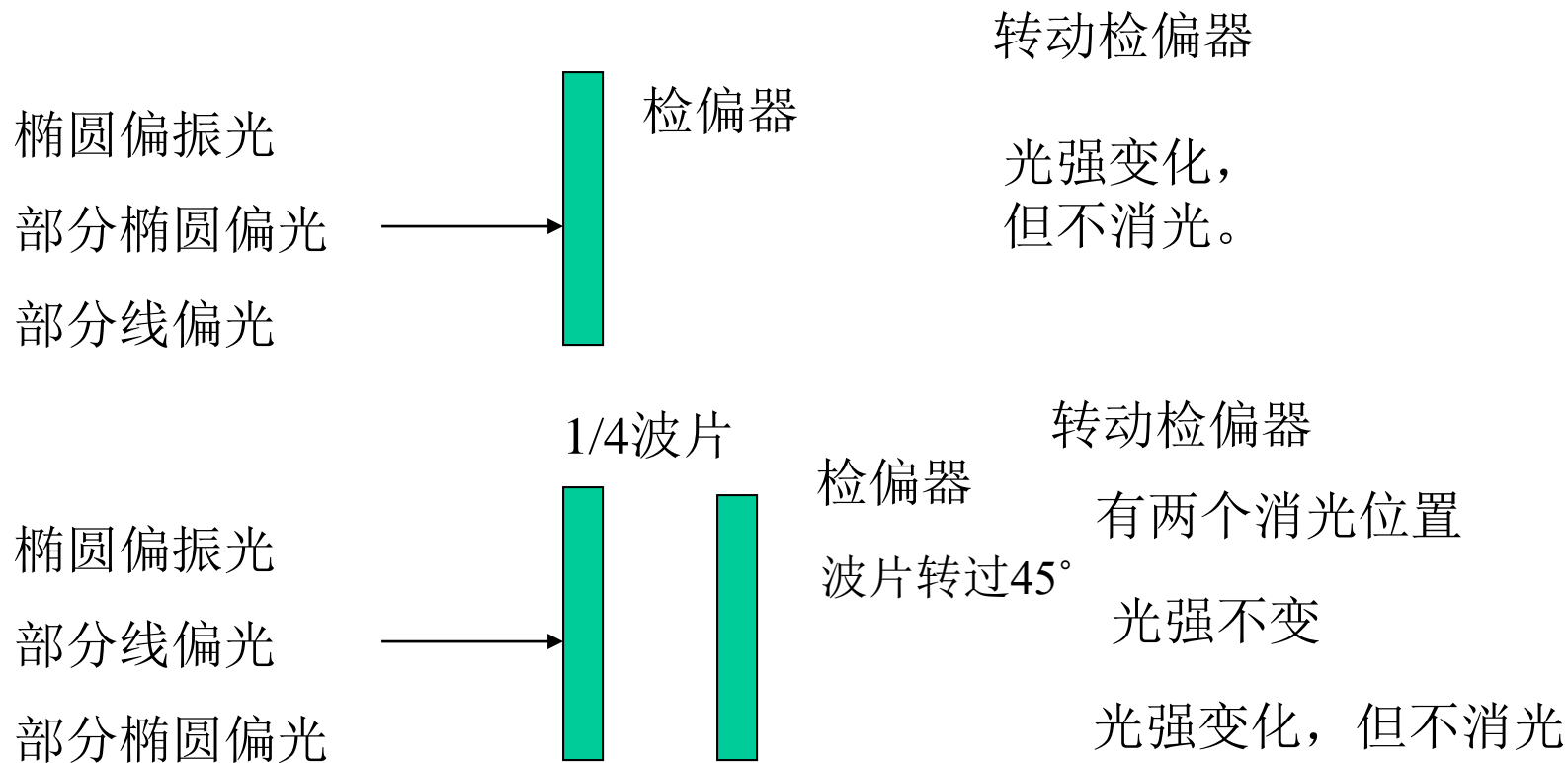
部分线偏振光、椭圆偏振光和部分椭圆偏振光

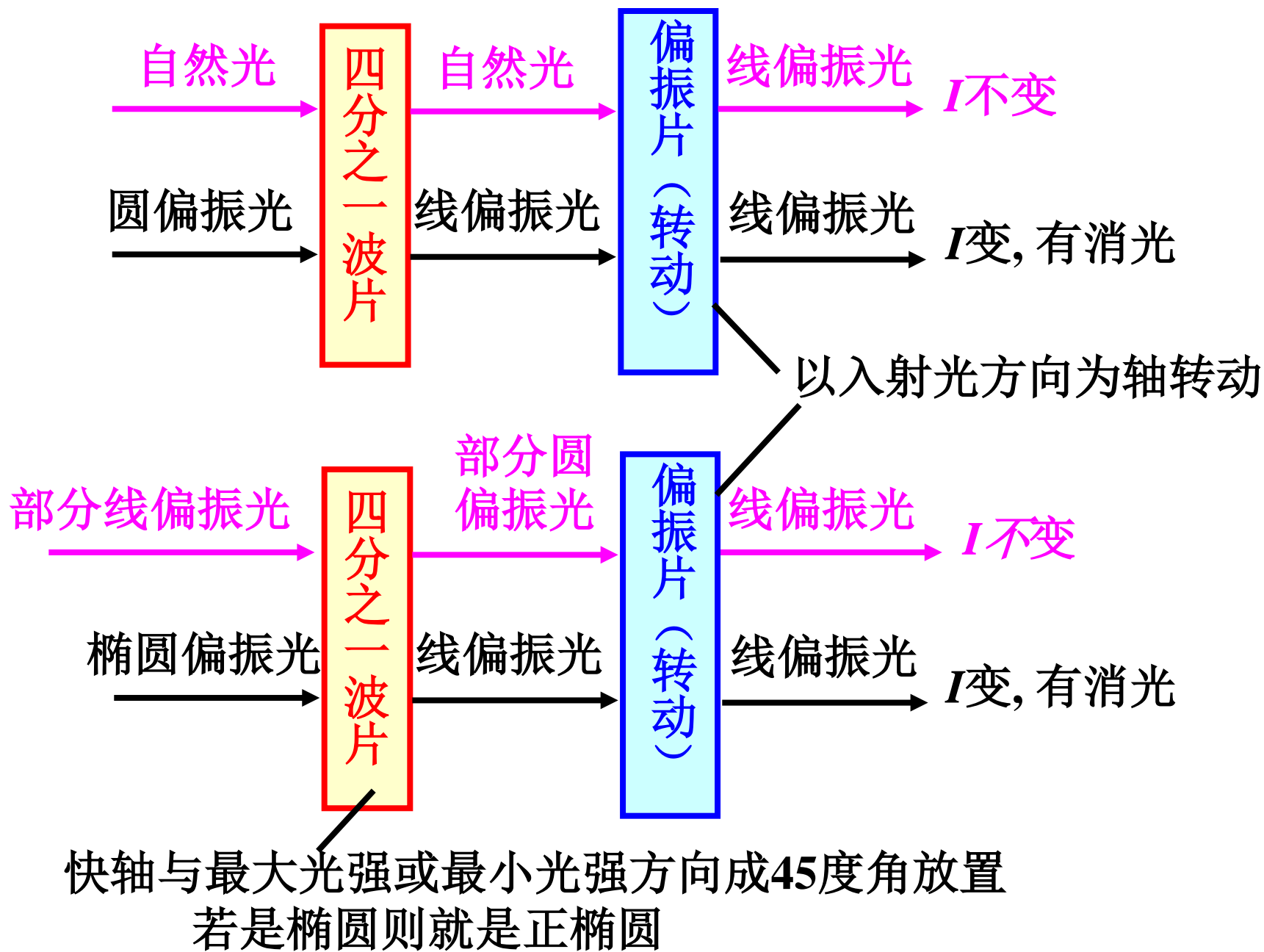
检偏器旋转一周，屏上光强两强两弱。



2、偏振光的检验

方法：利用位相延迟器和偏振器





七种偏振态的检验

把检偏器对着被检光旋转一周，若得到						
两明两零		光强不变			两明两暗	
线偏振光	在光路中插入1/4波片，并使快轴与检偏器透光轴成45度角,再旋转检偏器,若得			在光路中插入1/4波片,并使快轴与检偏器透光轴成45度角,再旋转检偏器,若		
	两明两零则为	光强不变则为	两明两暗则为	两明两零则为	光强不变则为	两明两暗但暗程度与之前不同则为
	圆偏光	自然光	自然圆偏光	椭圆偏光	自然线偏光	自然圆偏光加光

二、偏振光的测定

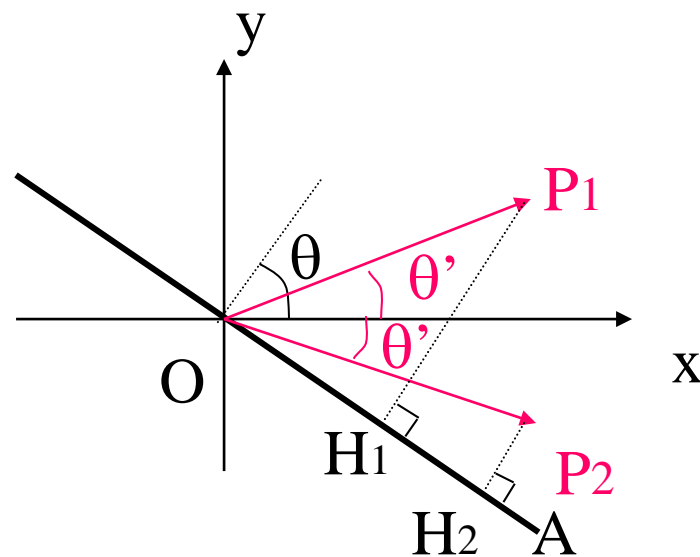
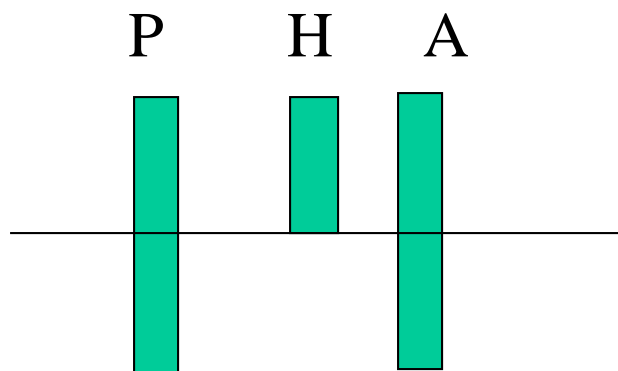
1、线偏振光的测定

含义：确定是否是线偏振光；测定线偏振光的振动方向。

出发点：马吕斯定律

半影式检偏器：用以提高检偏器方位的定位精度。

半影式检偏器工作原理

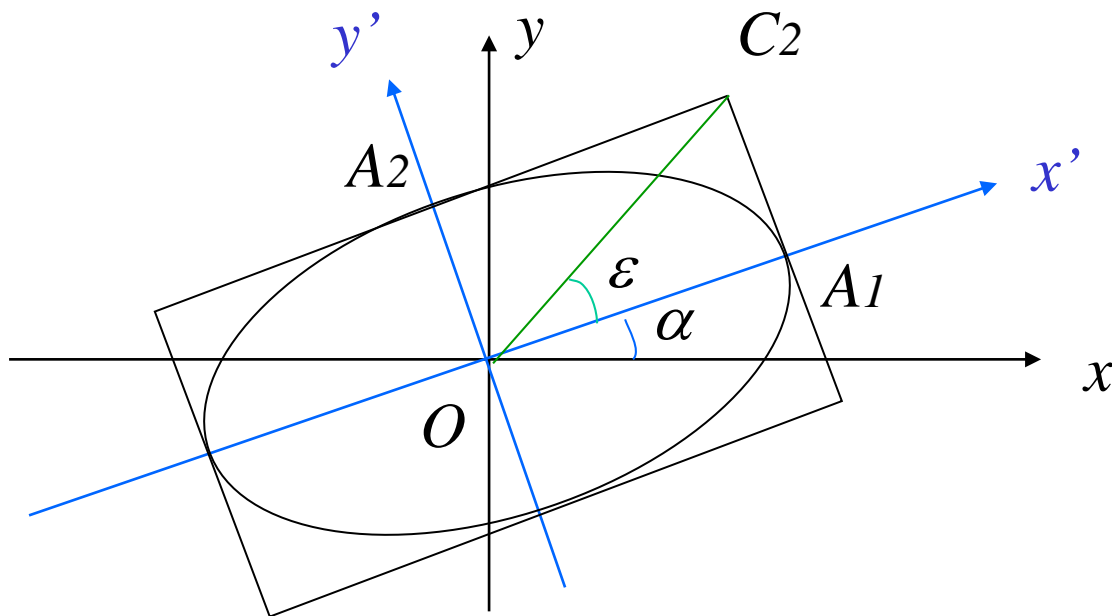


$$I_1 = OH_1^2 = \sin^2(\theta - \theta')$$

$$I_2 = OH_2^2 = \sin^2(\theta + \theta')$$

2、椭圆偏振光的测定

含义：用实验方法测定表示偏振状态的参量（指定坐标系中的方位角 α 、椭圆度 $\tan\varepsilon$ 和旋向；或直角坐标系下两偏振光振幅比 $\tan\beta$ 和位相差 δ 。）



$$\tan 2\alpha = (\tan 2\beta) \cos \delta$$

$$\sin 2\varepsilon = (\sin 2\beta) \sin \delta$$

$$\tan \beta = \frac{a_2}{a_1}$$

方法：采用1/4波片和检偏器的方法。

步骤：1) 首先用检偏器测定椭圆长轴的方位角 α 和椭圆度 $\tan\varepsilon$

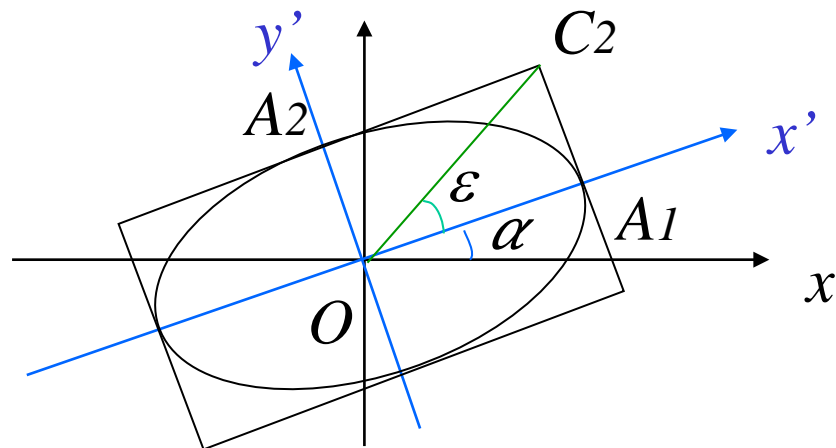
2) 用1/4波片和检偏器测定椭圆偏光的旋向。

1) 设 $x'oy'$ 坐标系中椭圆的琼斯矩阵为

$$E_{\lambda} = \begin{bmatrix} A_1 \\ iA_2 \end{bmatrix}$$

检偏器透光轴与 x' 轴夹角是 θ ，其琼斯矩阵为：

$$G = \begin{bmatrix} \cos^2 \theta, & \frac{1}{2} \sin 2\theta \\ \frac{1}{2} \sin 2\theta, & \sin^2 \theta \end{bmatrix}$$



$$E_{\text{出}} = GE_{\lambda} = \begin{bmatrix} \cos^2 \theta, & \frac{1}{2} \sin 2\theta \\ \frac{1}{2} \sin 2\theta, & \sin^2 \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ iA_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \cos^2 \theta + \frac{1}{2} A_2 \sin 2\theta \\ \frac{A_1}{2} \sin 2\theta + iA_2 \sin^2 \theta \end{bmatrix}$$

出射光的强度为：

$$\begin{aligned} I(\theta) &= \left| A_1 \cos^2 \theta + \frac{1}{2} A_2 \sin 2\theta \right|^2 + \left| \frac{A_1}{2} \sin 2\theta + iA_2 \sin^2 \theta \right|^2 \\ &= (A_1^2 - A_2^2) \cos^2 \theta + A_2^2 \end{aligned}$$

由此可找出光强最大的位置，从而确定长轴与预定的x轴之间的夹角 α 和椭圆度 $\text{tg}\varepsilon = A_2/A_1$ 。

2) 将1/4波片快轴与已找到的椭圆长轴方向一致

若入射椭圆偏光为左旋时:

$$\delta_{\lambda/4} = \frac{\pi}{2}$$

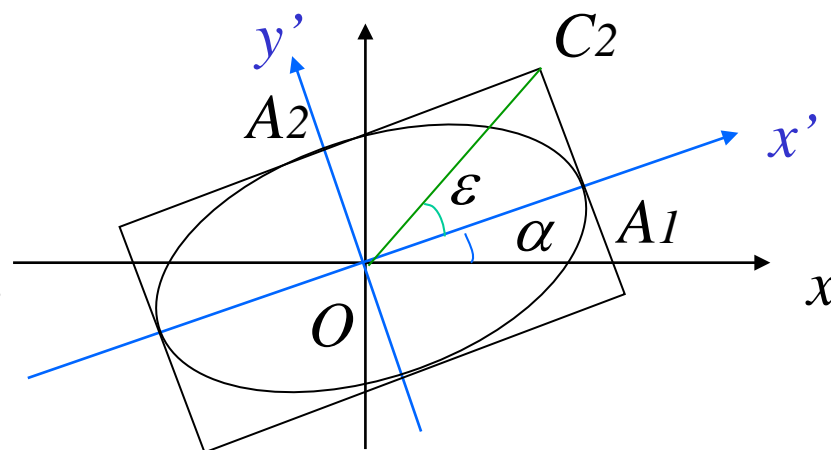
$$\delta_{\lambda} = \frac{\pi}{2} \quad \text{则} \delta_{\text{出}} = \pi$$

出射光在二、四象限。

若入射椭圆偏光为右旋时:

$$\delta_{\lambda} = -\frac{\pi}{2} \quad \text{则} \delta_{\text{出}} = 0$$

出射光在一、三象限。

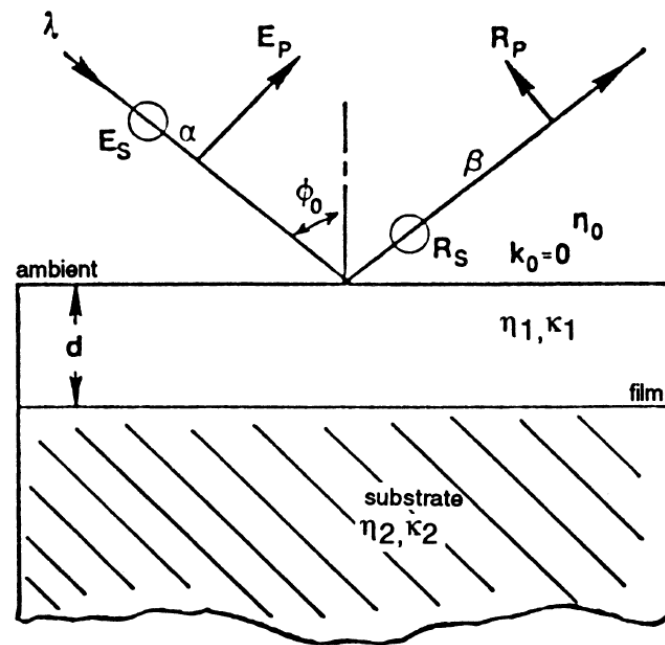
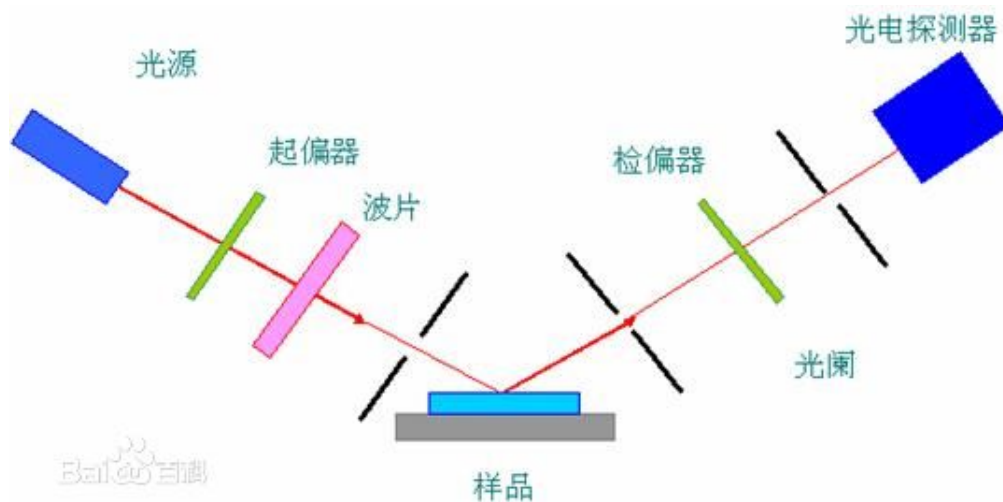


这样即可判断椭圆偏光的旋向。

3、椭圆偏振测量

原理

应用



PQSA消光型椭圆偏振测量仪原理光路

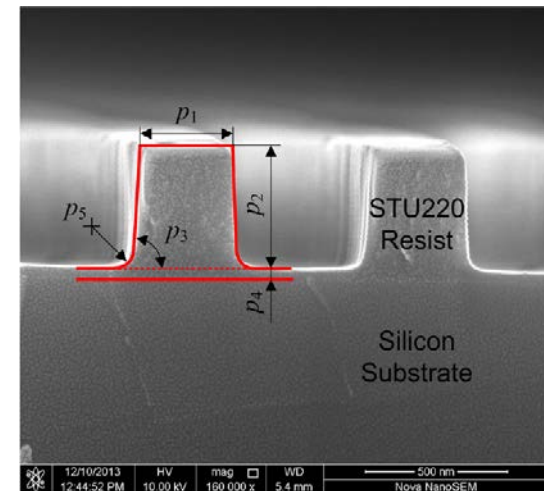
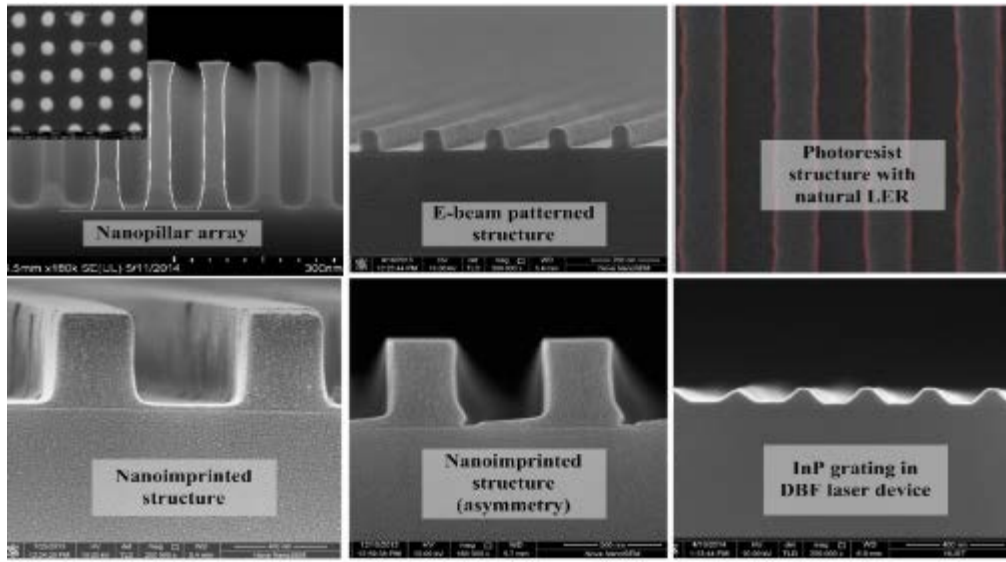
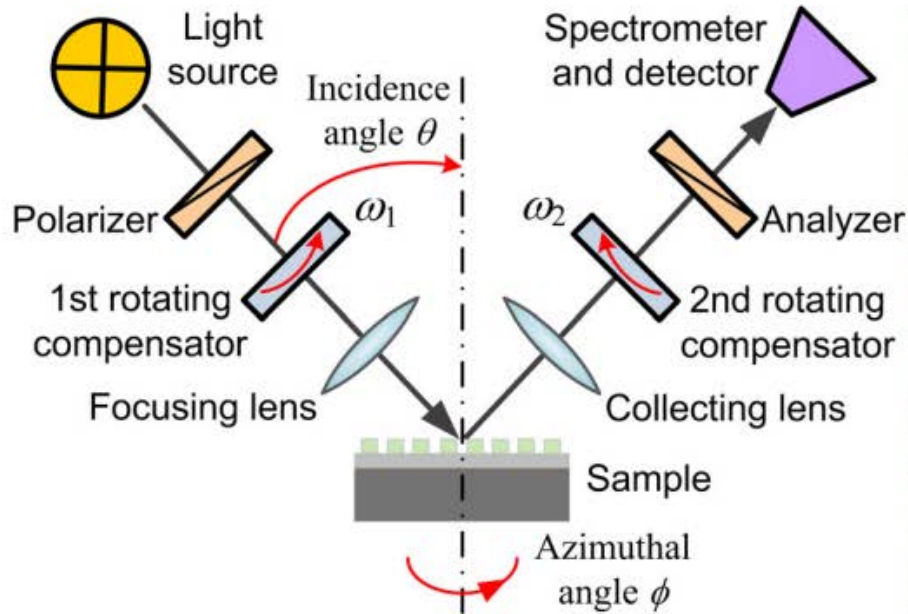
$$\tan \psi = \frac{R_{0p}/E_{0p}}{E_{0s}/R_{0s}}$$

$$\rho = \frac{\rho_p}{\rho_s} = \left(\frac{R_{0p}/E_{0p}}{E_{0s}/R_{0s}} \right) e^{i(\beta-\alpha)}$$

$$\Delta = \beta - \alpha = (\beta_p - \beta_s) - (\alpha_p - \alpha_s)$$

$$\rho = \tan \psi e^{i\Delta} = f(n, \kappa, d)$$

椭偏仪用于纳米结构的测量



椭圆偏振测量仪实物照片



Our Tools are the Eyes in Every Wafer Fab



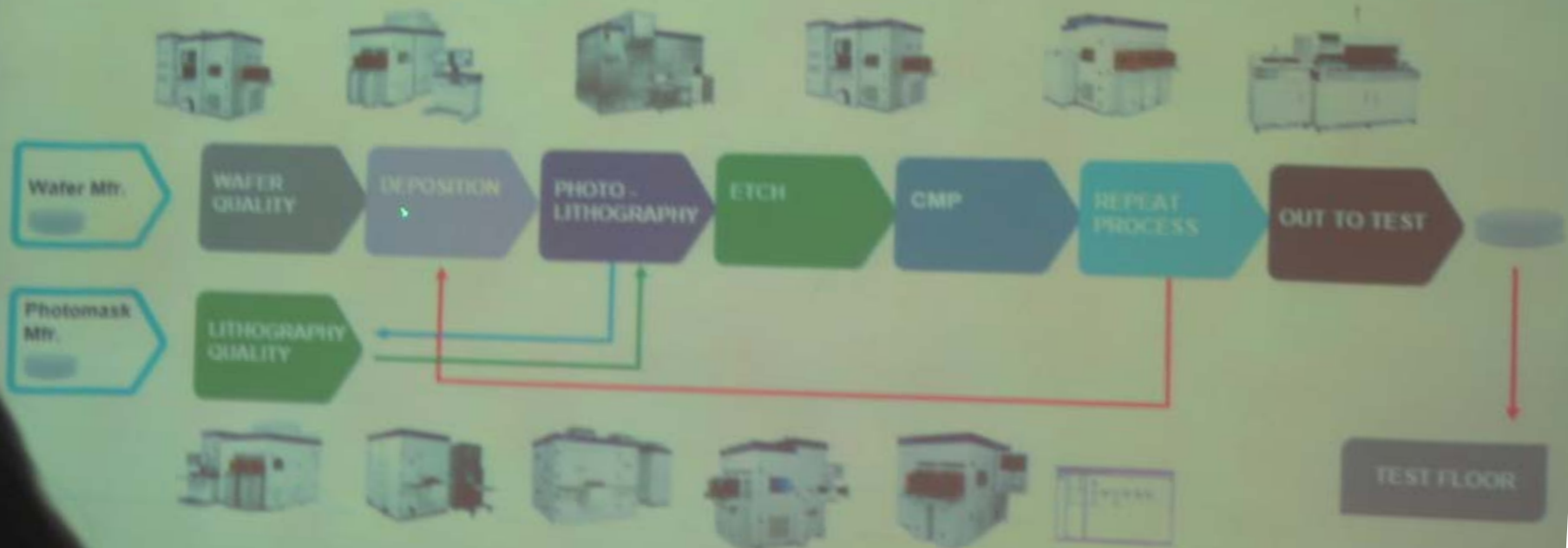
Single Crystal Si Ingot



Wafers



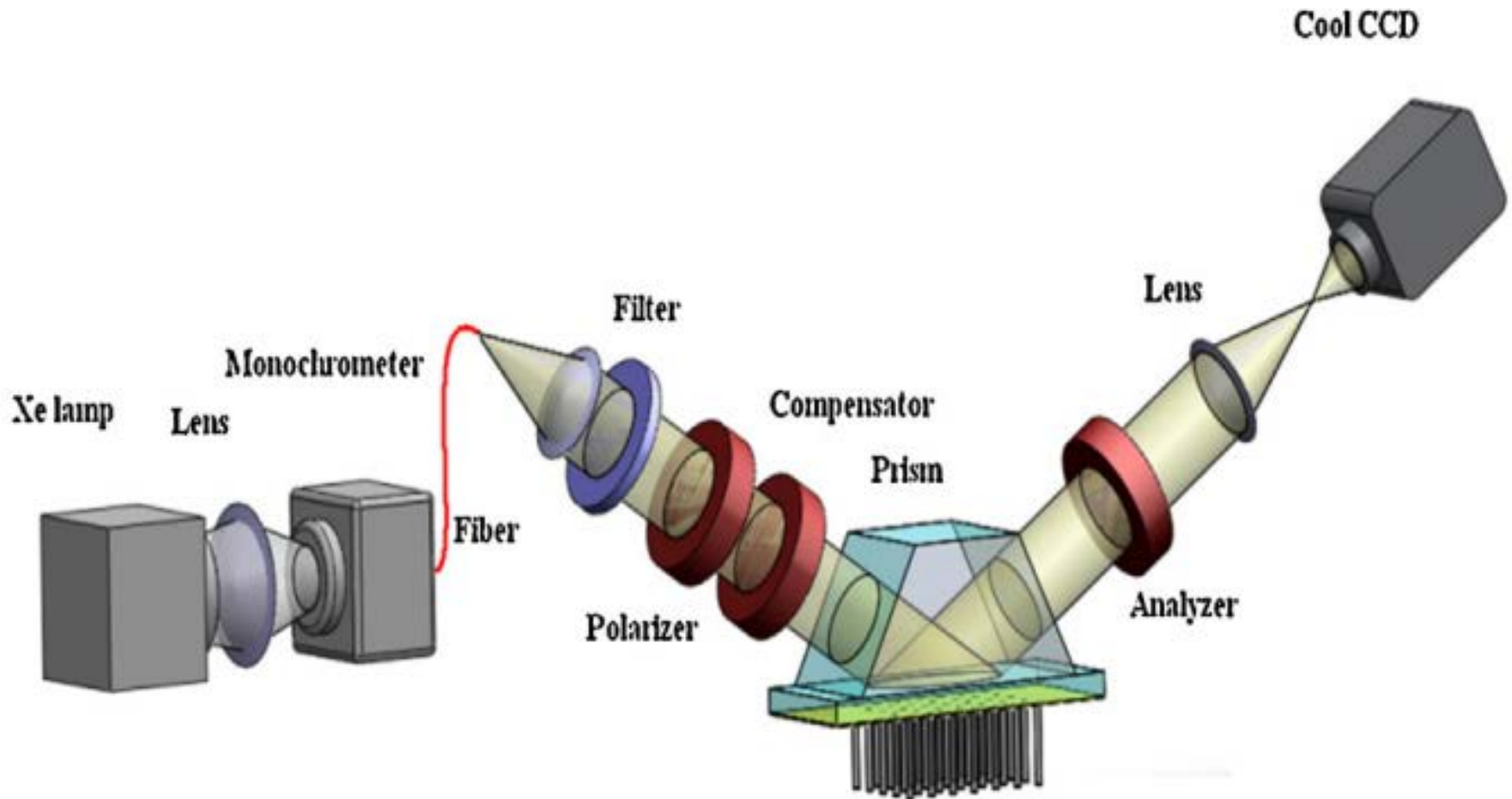
Wafer processing in FAB



Electronics Industry Value Chain



椭圆偏振测量仪测量生物细胞



本节内容总结

一、偏振光的变换

- 1、椭圆偏振光的获得
- 2、偏振光的检验

二、偏振光的测定

- 1、线偏振光的测定
- 2、椭圆偏振光的测定

作 业

- P531第17题