

§ 5-7 椭圆偏振光和圆偏振光

一. 偏振光的光矢量描述

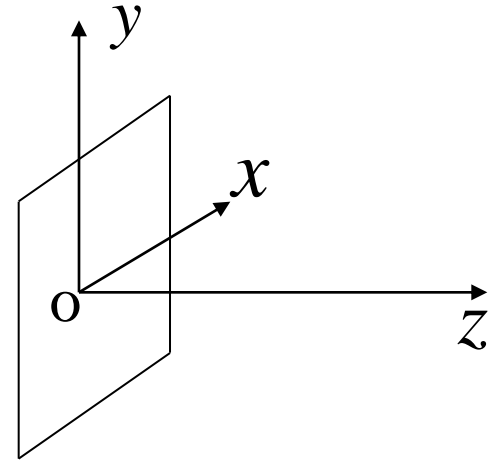
$$E_x = A_x \cos(\omega t - kz)$$

$$E_y = A_y \cos(\omega t - kz + \Delta\varphi)$$

其中 $\Delta\varphi = \varphi_y - \varphi_x$ 是相位差。

合振动的偏振态与 A_x 、 A_y 、 $\Delta\varphi$ 有关：

- (1) 若 $|\Delta\varphi| = 0, \pi$, 为平面（线）偏振光。
- (2) 若 $\Delta\varphi$ 随机无规律变化, $A_x = A_y$, 为自然光。
- (3) 若 $\Delta\varphi$ 随机无规律变化, $A_x \neq A_y$, 为部分偏振光。
- (4) 若 $\Delta\varphi$ 不随时间变化, 但 $\Delta\varphi \neq 0, \pi$, 为椭圆偏振光。

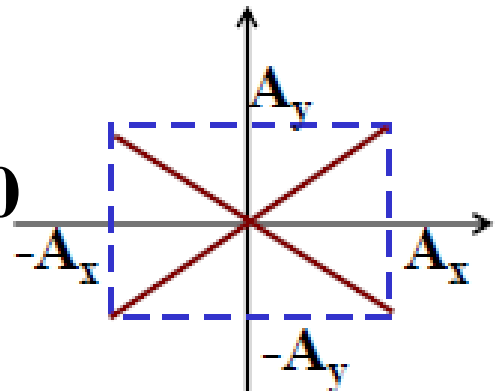


$$\frac{E_y^2}{A_y^2} + \frac{E_x^2}{A_x^2} - 2 \frac{E_x}{A_x} \frac{E_y}{A_y} \cos \Delta\varphi = \sin^2 \Delta\varphi$$

二. 椭圆的形状

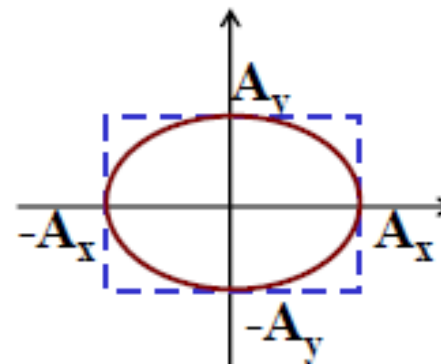
1. 当 $\Delta\varphi = 0, \pi \dots k\pi$ 时, $\cos \Delta\varphi = \pm 1, \sin \Delta\varphi = 0$

椭圆退化为直线, 偏振光变为线偏振光。



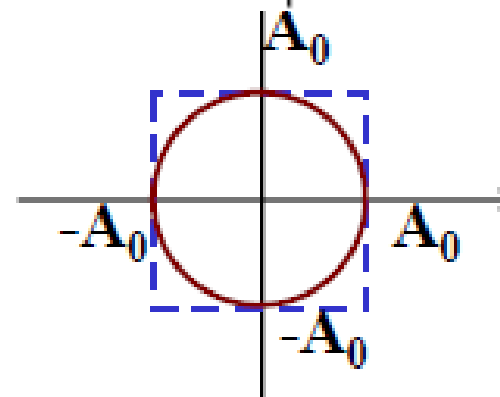
2. 当 $\Delta\varphi = k\pi \pm \frac{\pi}{2}$ 时, $\cos \Delta\varphi = 0, \sin \Delta\varphi = \pm 1$

椭圆的长、短轴的方向与坐标轴方向一致, 称为正椭圆, 这时偏振光称为正椭圆偏振光。



3. 当 $\Delta\varphi = k\pi \pm \frac{\pi}{2}$ 时, $A_x = A_y = A_0$

光场矢量的端点的轨迹为圆, 称为圆偏振光。



4. 当 $\Delta\varphi$ 取其它值时, 为椭圆偏振光。

三. 椭圆偏振光的电矢量的旋转方向

迎着光看时：

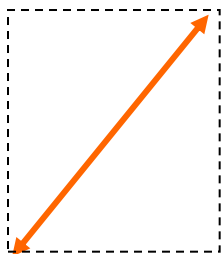
若场中某点的电矢量端点沿椭圆顺时针旋转，称之为右旋偏振光；

若场中某点的电矢量端点沿椭圆逆时针旋转，称之为左旋偏振光。

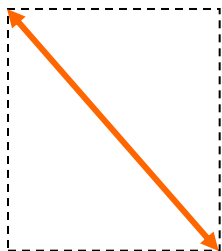
可以证明：当 $0 < \Delta\varphi < \pi$ 时，为右旋椭圆偏振光；

当 $\pi < \Delta\varphi < 2\pi$ 为左旋椭圆偏振光。

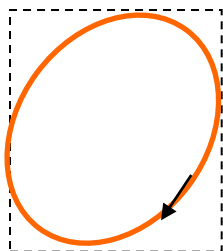
或 $-\pi < \Delta\varphi < 0$ 时，



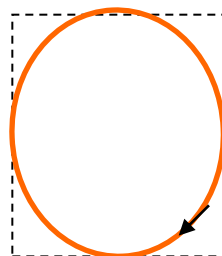
$$\Delta\varphi = 0$$



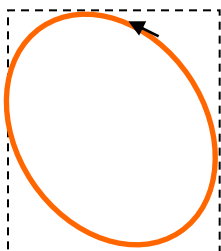
$$\Delta\varphi = \pi$$



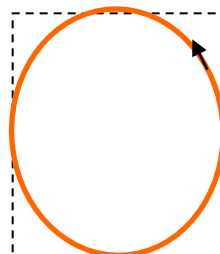
I象限



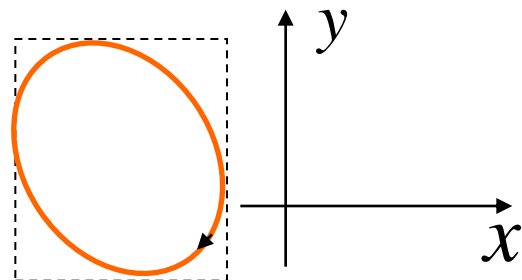
$$\pi/2$$



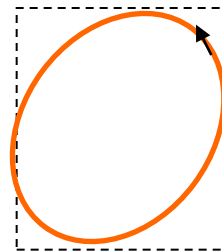
III象限



$$3\pi/2$$



II象限

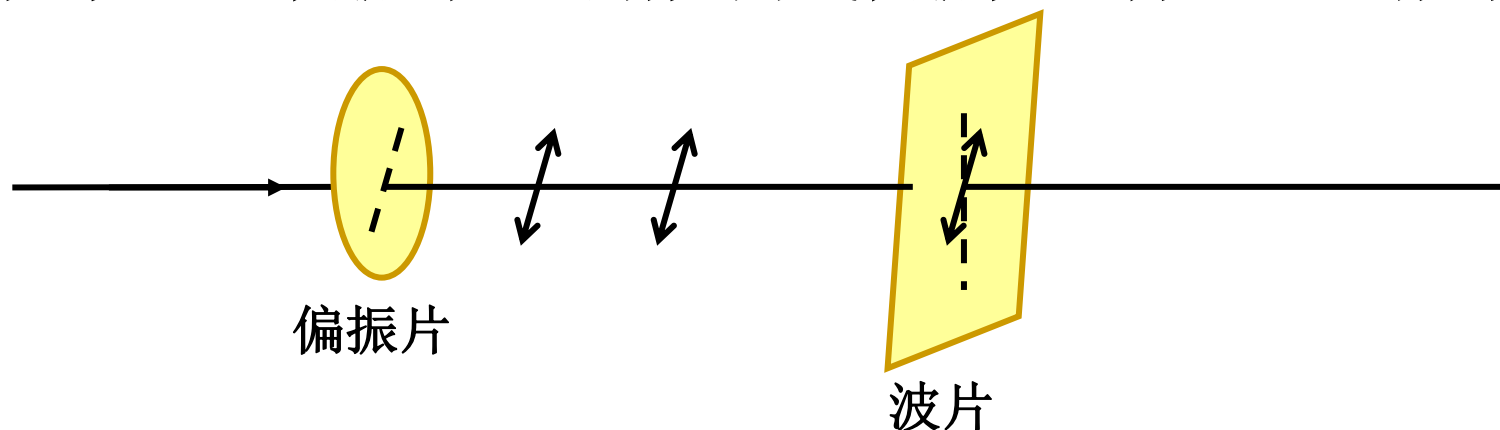


IV象限

$$A_x \neq A_y$$

四. 椭圆偏振光和圆偏振光的获得

- 自然光通过偏振片，出射光为线偏振光，再垂直入射到波片上。



- 线偏振光在波片前表面分解：沿光轴的振动 $A_e = A \cos \theta$ ；
和垂直于光轴的振动 $A_o = A \sin \theta$ 。
 $\Delta\varphi_{\lambda} = 0, \pi$ ； θ 为偏振片透振方向与波片光轴方向之间的夹角。
- 设波片厚度为 d ，忽略反射和吸收，出射光的振幅不变，相位差增加：

$$\Delta\varphi_{\text{增加}} = \varphi_e - \varphi_o = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d \text{ 所以出射光一般为椭圆偏振光。}$$

五. 光通过波片后的偏振态的改变

1. 线偏振光垂直入射到1/4波片

(1) $\Delta\varphi_{\lambda} = 0, \pi$

$$\Delta\varphi_{\text{增加}} = \pm(2k+1)\frac{\pi}{2}$$

出射光为正椭圆（或圆）偏振光。

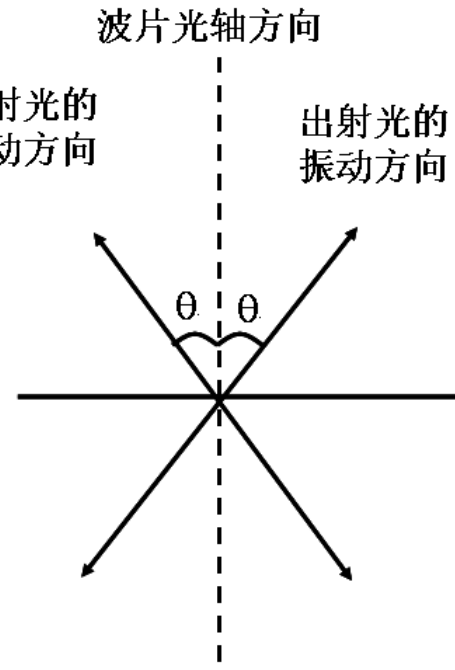
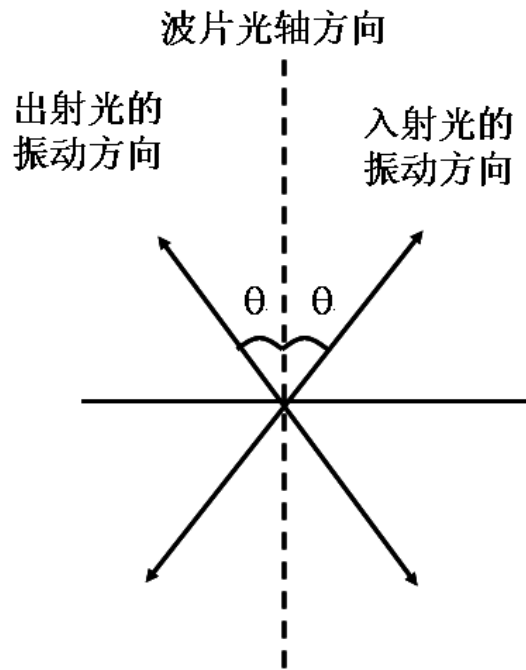
(2) 线偏振光的振动方向与1/4波片的光轴平行或垂直：

出射光为与原线偏振光振动方向相同的线偏振光。

2. 线偏振光入射到1/2波片

$$(1) \quad \Delta\varphi_{\lambda} = 0, \pi, \quad \Delta\varphi_{\text{增加}} = \pm(2k+1)\pi$$

出射光为线偏振光，振动方向相对于入射光的振动方向转过 2θ 。



(2) 线偏振光的振动方向与1/2波片的光轴平行或垂直时，出射光为线偏振光，振动方向不变。

3. 正椭圆（或圆）偏振光入射到1/4波片

$$\Delta\varphi_{\lambda} = \begin{cases} \frac{\pi}{2} & \text{右旋} \\ -\frac{\pi}{2} & \text{左旋} \end{cases} \quad \Delta\varphi_{\text{增加}} = \pm(2k+1)\frac{\pi}{2} \quad \text{出射光为线偏振光。}$$

4. 正椭圆（或圆）偏振光入射到1/2波片

$$\Delta\varphi_{\lambda} = \begin{cases} \frac{\pi}{2} & \text{右旋} \\ -\frac{\pi}{2} & \text{左旋} \end{cases} \quad \Delta\varphi_{\text{增加}} = \pm(2k+1)\pi, \quad \Delta\varphi_{\text{出}} = \begin{cases} -\frac{\pi}{2} & \text{左旋} \\ \frac{\pi}{2} & \text{右旋} \end{cases}$$

六. 偏振态的实验检定

第1步： 让光通过偏振片，并旋转偏振片

入射光偏振态	线偏振光	自然光	圆偏振光	部分偏振光	椭圆偏振光
从偏振片出射光强	变 有消光	不变	不变	变 无消光	变 无消光

第2步： 让光通过1/4波片，再通过偏振片，并旋转偏振片

入射光偏振态	自然光	圆偏振光	部分偏振光	椭圆偏振光
1/4波片出射光强	自然光	线偏振光	部分偏振光	椭圆偏振光
从偏振片出射光强	不变	变、有消光	变、无消光	变、无消光

第3步：区分部分偏振光和椭圆偏振光

在第2步基础上，调整波片使其光轴与第一步中透射光强最强的方向一致，观察出射光强变化。

对于椭圆偏振光，由于波片光轴和椭圆的主轴方向一致，o光、e光的初始相位差为 $\pi/2$ ，通过 $1/4$ 波片出射时相位差变为0或 π ，出射光为线偏振光。

入射光偏振态	部分偏振光	椭圆偏振光
$1/4$ 波片出射光强	部分偏振光	线偏振光
偏振片出射光强	变、无消光	变、有消光