

第六章 光在晶体中的传播

第三节 偏振光的干涉与应用

6.3 偏振光的干涉与应用

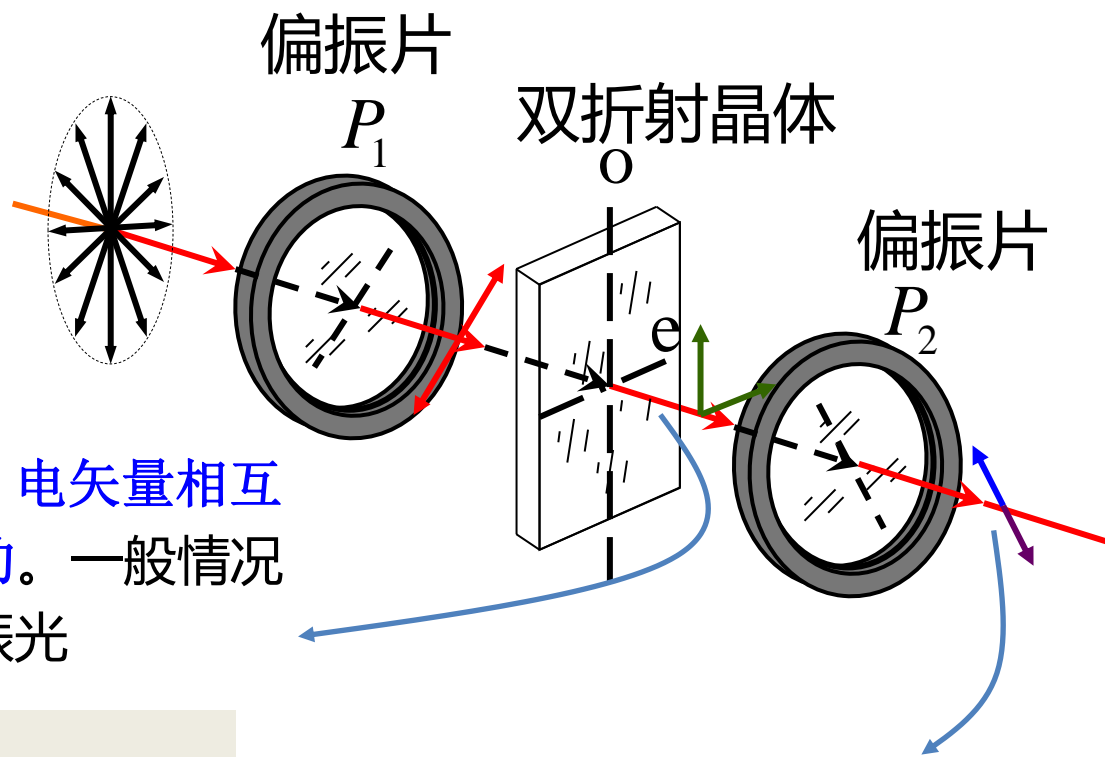
6.3.1 偏振光干涉的基本原理

6.3.2 偏振光干涉的现象

6.3.3 偏振光干涉的应用

6.3.1 偏振光干涉的基本原理

在偏振片之间放置波片时的分析



从波片出射的光，电矢量相互垂直，是不相干的。一般情况下合成为椭圆偏振光

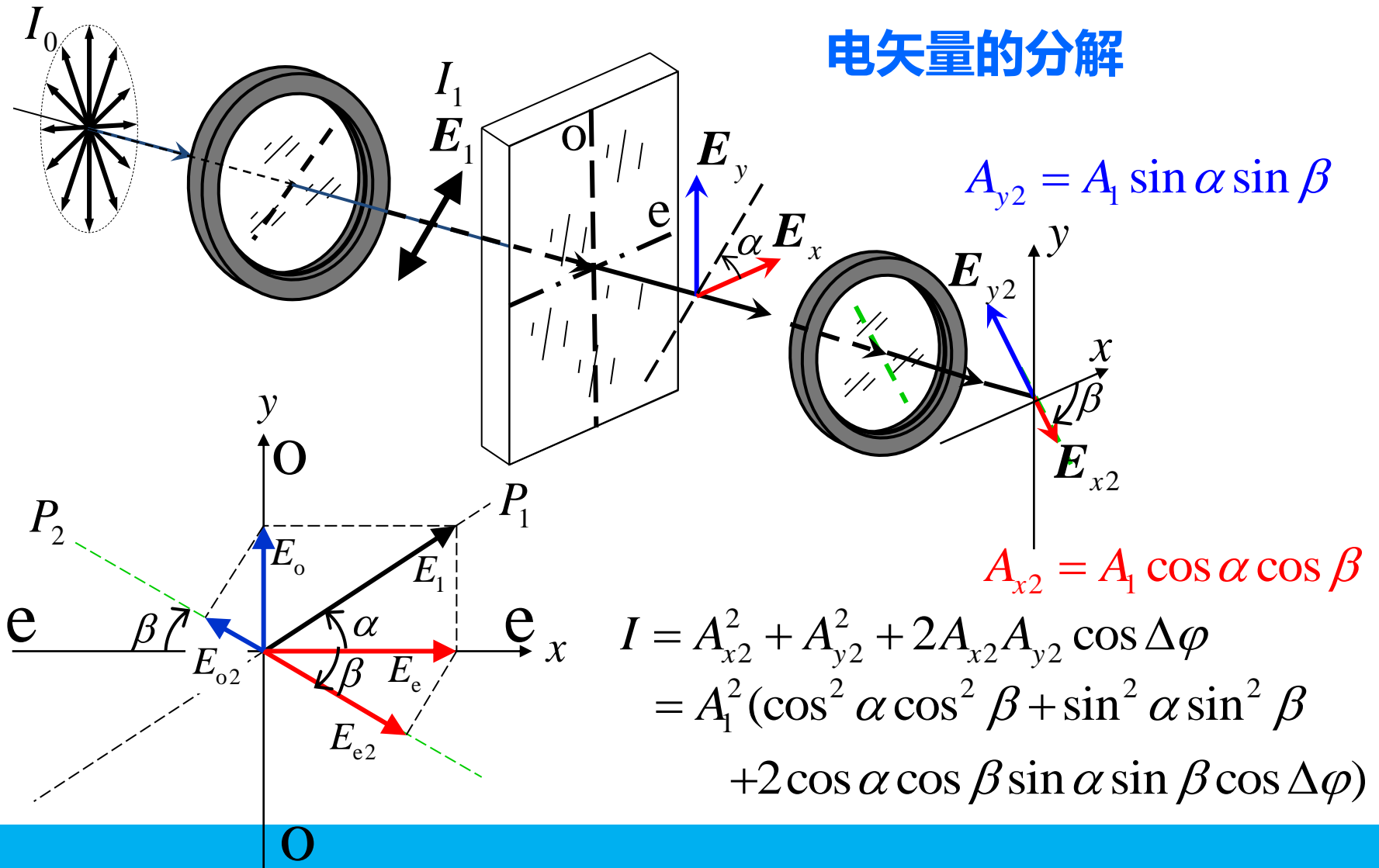
干涉条件：

- 1) 频率相同
- 2) 相位差稳定
- 3) 平行的振动分量

再经过一个线起偏器，从其中透射出的光波，电矢量相互平行，是相干的。

6.3.1 偏振光干涉的基本原理

在偏振片之间放置波片时的分析

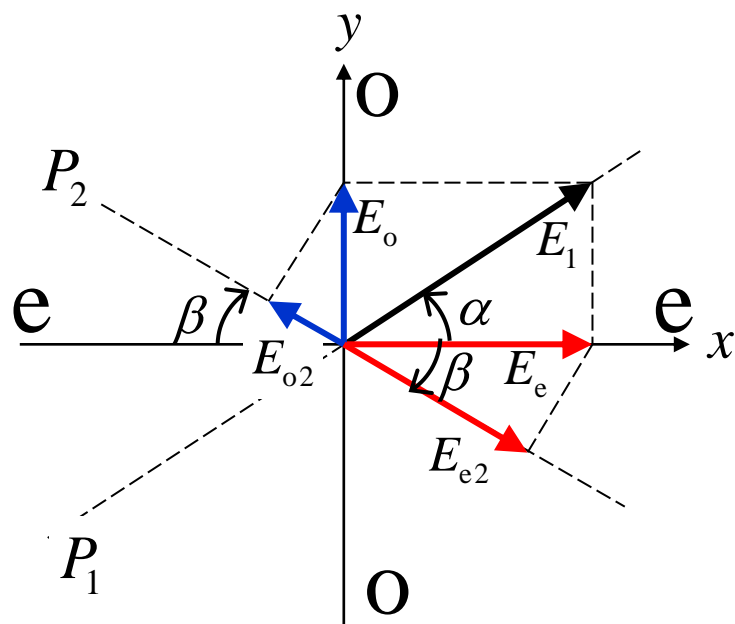


6.3.1 偏振光干涉的基本原理

在偏振片之间放置波片时的分析

相位差的确定

除了晶体产生的相位差之外，还要考虑在坐标系中由于偏振片取向而产生的相位差。



(1) 双折射晶体产生的相位差

$$\Delta\varphi_c = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e)d$$

(2) 偏振片P1、P2取向不同带来的相位差 $\Delta\varphi_1$ ， $\Delta\varphi_2$

偏振片 P_1	在 I、III 象限	$\Delta\varphi_1 = 0$
	在 II、IV 象限	$\Delta\varphi_1 = \pi$

偏振片 P_2	在 I、III 象限	$\Delta\varphi_2 = 0$
	在 II、IV 象限	$\Delta\varphi_2 = \pi$

E_{o2} 与 E_{e2} 之间总的相位差

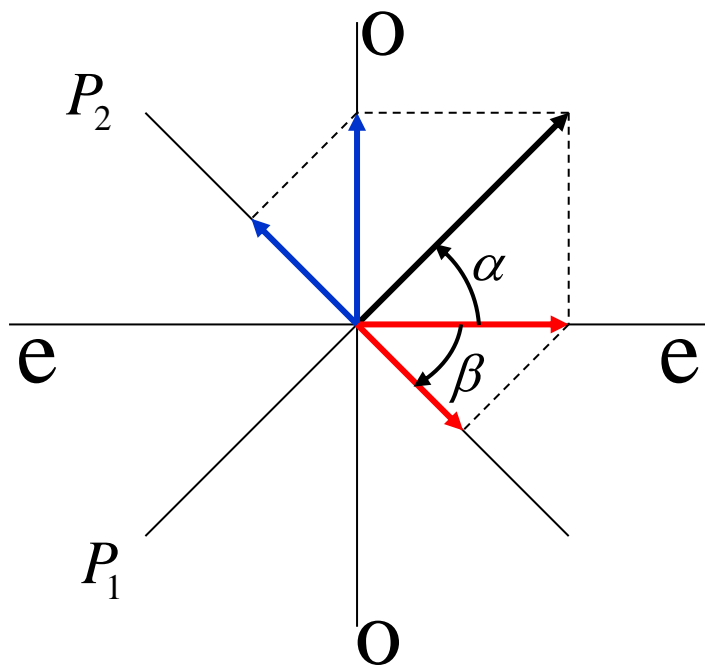
$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_c + \Delta\varphi_2$$

6.3.1 偏振光干涉的基本原理

在偏振片之间放置波片时的分析

两种特例

1. 偏振片相互**垂直**，且与晶体光轴成 45° 角



$$\Delta\varphi_1 = 0 \quad \longrightarrow \quad \Delta\varphi = \pi + \Delta\varphi_c$$

$$\Delta\varphi_2 = \pi$$

$$\alpha = \beta = \frac{\pi}{4}$$

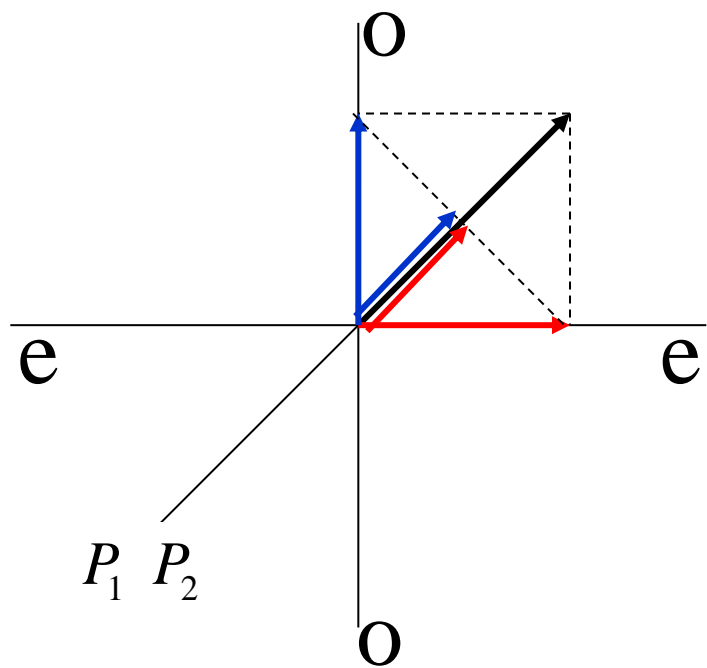
$$\begin{aligned} I &= A_1^2 (\cos^2 \alpha \cos^2 \beta + \sin^2 \alpha \sin^2 \beta \\ &\quad + 2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta \cos \Delta\varphi) \\ &= \frac{A_1^2}{2} (1 - \cos \Delta\varphi_c) = \frac{I_0}{2} \sin^2 \frac{\Delta\varphi_c}{2} \end{aligned}$$

6.3.1 偏振光干涉的基本原理

在偏振片之间放置波片时的分析

两种特例

2. 偏振片相互**平行**，且与晶体光轴成 45° 角。



$$\Delta\varphi_1 = 0$$

$$\Delta\varphi_2 = 0$$

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_c$$

$$\alpha = \beta = \frac{\pi}{4}$$

$$I = A_1^2 (\cos^2 \alpha \cos^2 \beta + \sin^2 \alpha \sin^2 \beta$$

$$+ 2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta \cos \Delta\varphi)$$

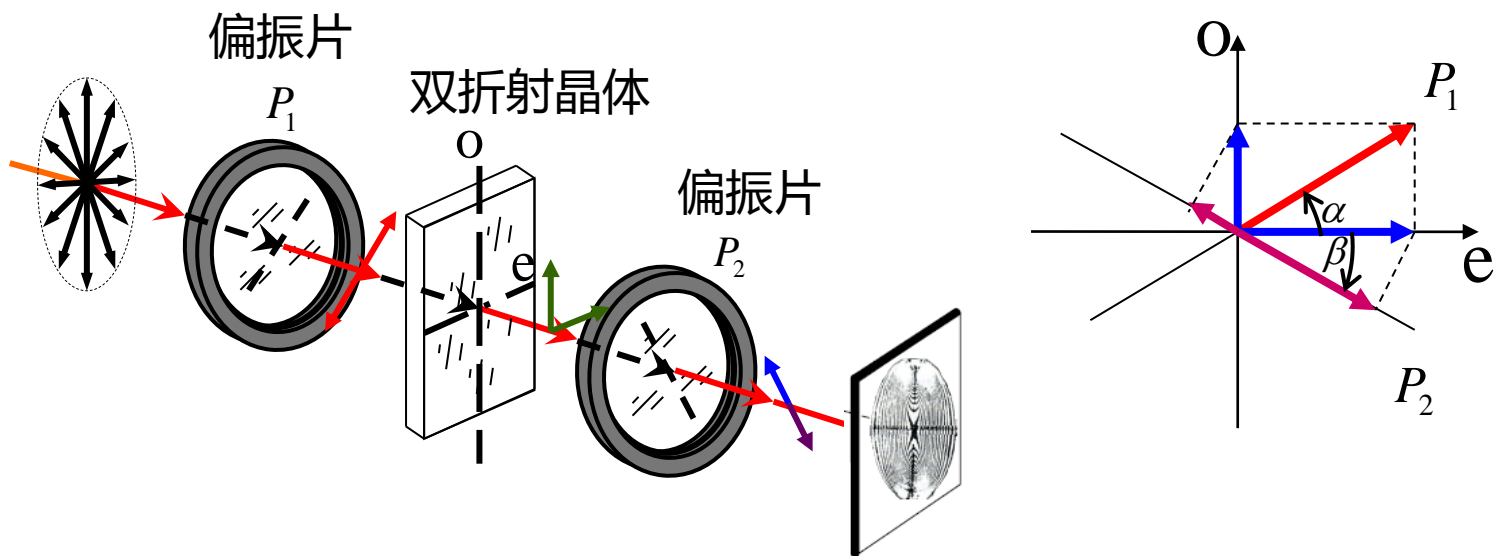
$$= \frac{A_1^2}{2} (1 + \cos \Delta\varphi_c) = \frac{I_0}{2} \cos^2 \frac{\Delta\varphi_c}{2}$$

6.3.2 偏振光干涉的现象

(1) 厚度均匀的晶体

单色光入射

转动晶体或偏振片 P_1 、 P_2 ，振幅改变，光强改变；若引起 π 的相位差，屏上光强突变。



转动各个元件，光强逐渐改变，相位差突变会引起光强突变。

$$I = A_1^2 (\cos^2 \alpha \cos^2 \beta + \sin^2 \alpha \sin^2 \beta + 2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta \cos \Delta \varphi)$$

6.3.2 偏振光干涉的现象

(1) 厚度均匀的晶体

白光入射—显色偏振

不同波长的光，相位差不同，因而光强也不同，屏上呈现彩色，转动晶体或偏振片 P_1 、 P_2 ，光强改变，色彩改变。

$$(a) \Delta\varphi_c = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d = 2k\pi \text{ 时}$$

$$P_1 \perp P_2 \quad I_2 = 0 \quad \lambda_1 \text{的互补色}$$

$$P_1 \parallel P_2 \quad I_2 = A_1^2 \quad \lambda_1 \text{的颜色}$$

$$(b) \Delta\varphi_c = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d = (2k+1)\pi \text{ 时}$$

$$P_1 \perp P_2 \quad I_2 = A_1^2 \quad \lambda_2 \text{的互补色}$$

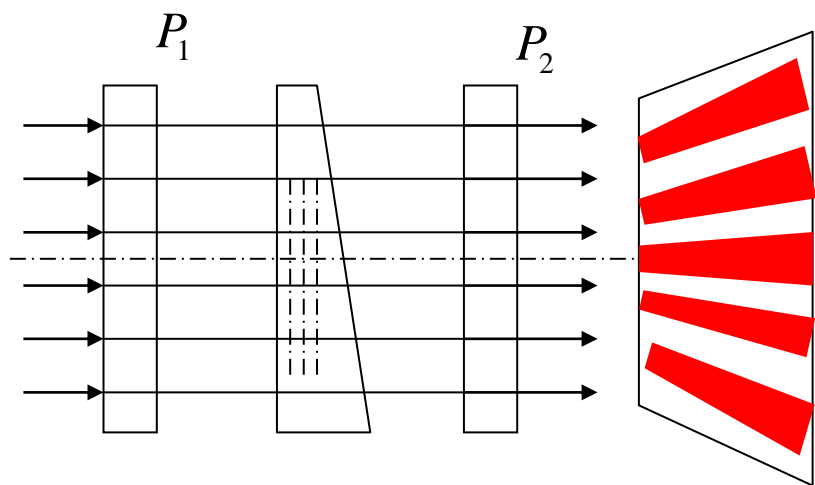
$$P_1 \parallel P_2 \quad I_2 = 0 \quad \lambda_2 \text{的颜色}$$

6.3.2 偏振光干涉的现象

(2) 厚度不均匀的晶体

白光入射—显色偏振

经过不同厚度的光，相位差不同，屏上出现干涉条纹



白光入射，将出现彩色条纹

$P_1 \perp P_2$ 且与光轴成 45° 角

$$I = \frac{I_0}{2} \sin^2 \frac{\Delta\varphi_c}{2}$$

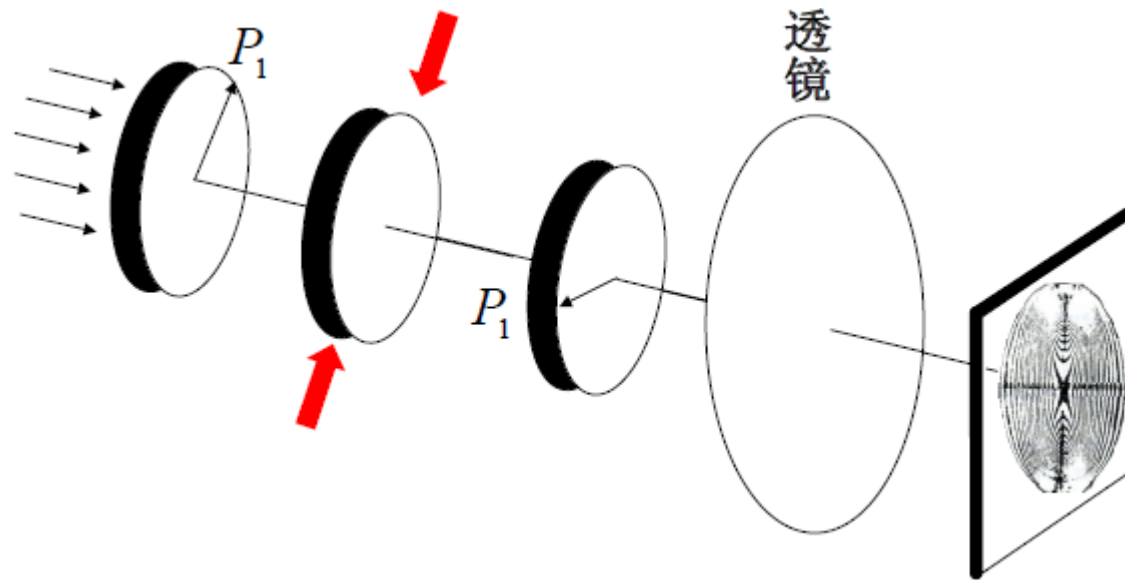
$$\Delta\varphi_c = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e)d = \begin{cases} 2k\pi & \text{暗纹} \\ (2k+1)\pi & \text{亮纹} \end{cases}$$

6.3.3 偏振光干涉的应用

显色偏振的演示实验

6.3.3 偏振光干涉的应用

光测弹性



- 无应力时， A 为各向同性透明介质，自然光经过 P_1, P_2 后，照度均匀。
- 加应力后，有应力处排列出现各向异性，实验发现：

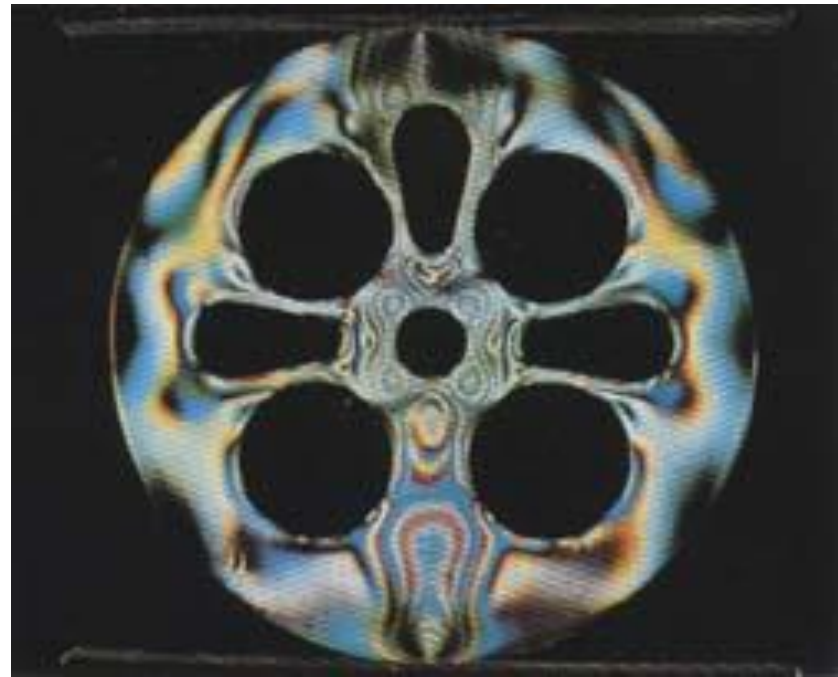
$$n_o - n_e = KP(\text{压强 (应力)})$$

$$\delta_{\text{内}} = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d = \frac{2\pi}{\lambda} KPd \quad P = P(x, y)$$

6.3.3 偏振光干涉的应用

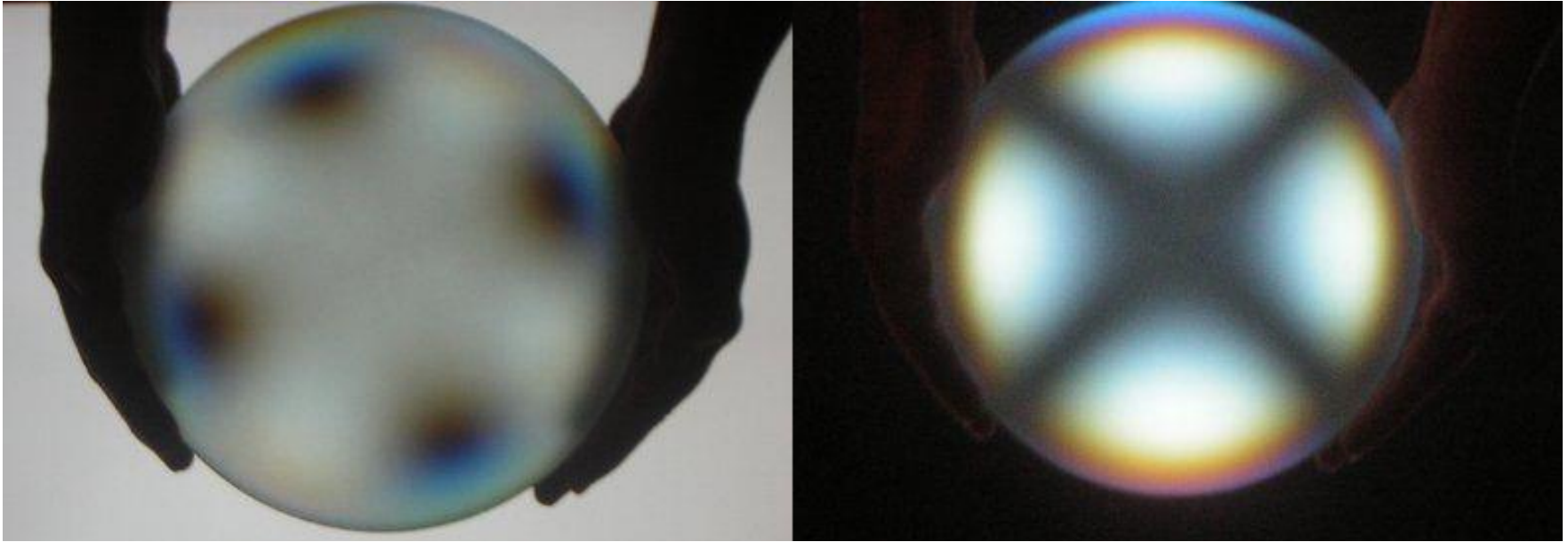
光测弹性

- 一些各向同性的透光介质，例如玻璃、塑料，当内部有应力时，就是各向异性的，也会产生双折射效应
- 利用偏振光的干涉装置，可以观察到干涉条纹或者显色偏振现象。
- 可以用作应力分析。
- 可以用塑料制成金属部件的形状，则可用于分析金属部件内部的应力。



6.3.3 偏振光干涉的应用

光测弹性



Visualisation of Strain in a glass blank (here a 200mm f/2.5 telescope mirror) using a Polarizer in front of a LCD monitor.

6.3.3 偏振光干涉的应用

光测弹性

有机玻璃由于应力的显色偏振



6.3.3 偏振光干涉的应用

光测弹性

应用

- 玻璃退火是否均匀

可用于检测透镜的品质

- 检查建筑、桥梁的结构中的应力分布

透明介质做成缩小的模拟构件，将其置于含有偏振片的光测弹性仪中，施加同倍率缩小的模拟外力，观测干涉条纹。

- 煤矿防塌

坑道壁上镶嵌玻璃镜子，镜子前放偏振片

本节重点

1. 圆偏振光的干涉（理解、计算）。
2. 偏振光的应用（理解）。

作业

P214- 1, 3, 4 ,6

重排版：

P413- 1, 3, 4 ,6