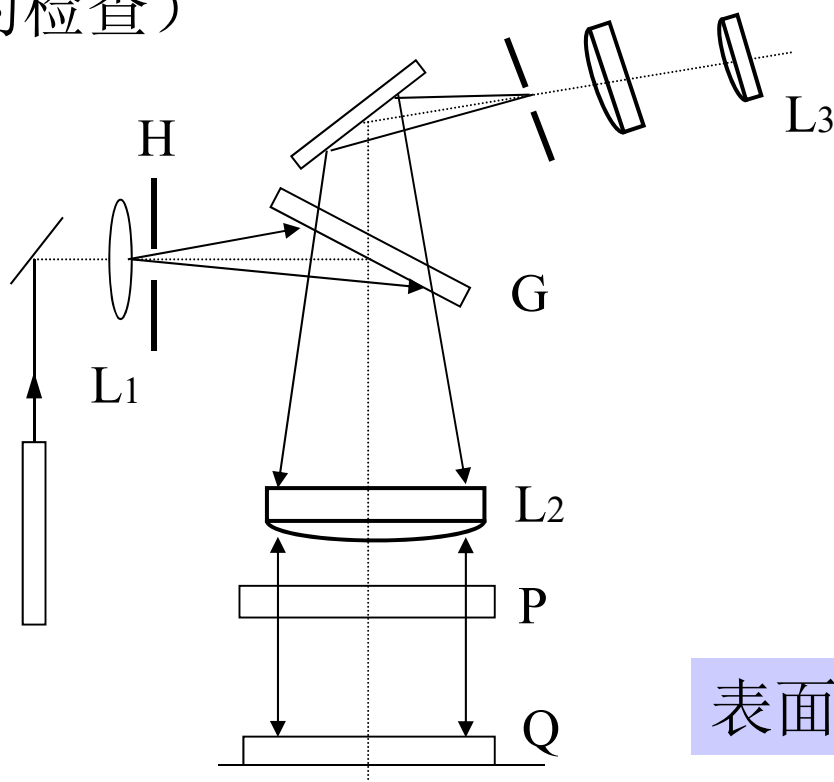


§ 12—5 典型的双光束干涉系统及其应用

一、典型干涉系统

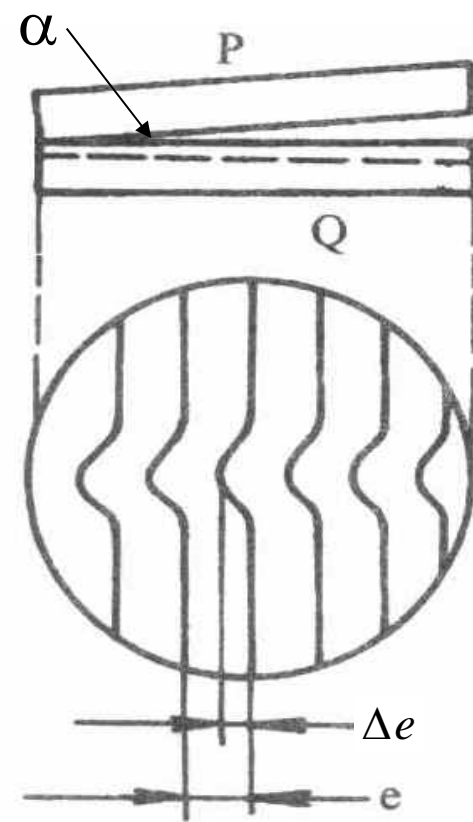
1、斐索干涉仪：等厚干涉型的干涉仪（光学零件表面质量的检查）

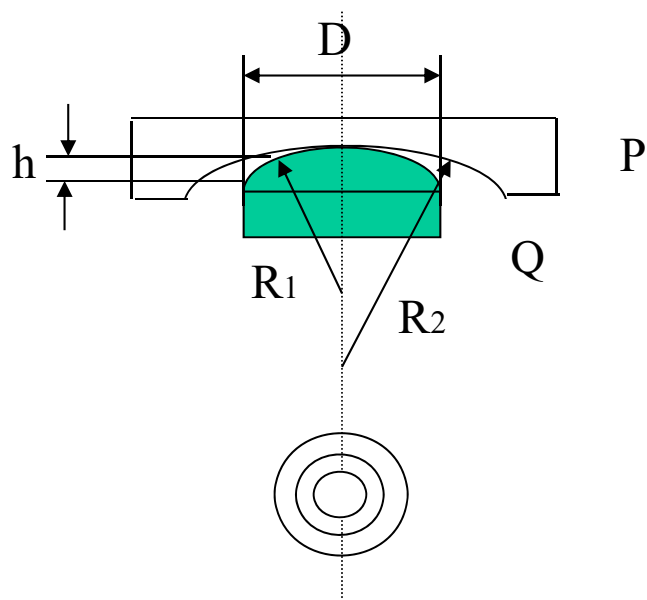


激光平面干涉仪

表面不平度

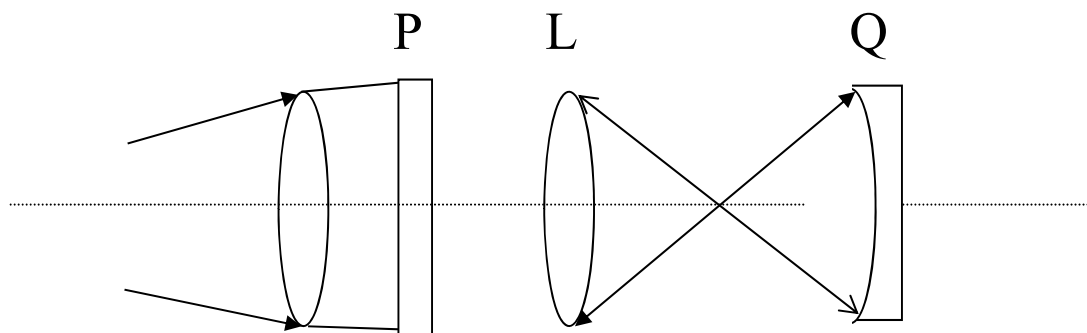
$$\Delta h = \frac{\lambda}{2n} \cdot \frac{\Delta e}{e}$$





$$h = \frac{D^2}{8} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{D^2}{8} \Delta k$$

$$N = \frac{D^2}{4\lambda} \cdot \Delta k$$



球面干涉仪

小结：

基本特点：

- (1) 属于等厚干涉
- (2) 干涉光束，一个来自标准反射面，一个来自被测面。

重点掌握：

- (1) 光程差与厚度的关系。
- (2) 厚度变化与条纹弯曲方向的关系。
- (3) 干涉面间距变化与条纹移动的关系。

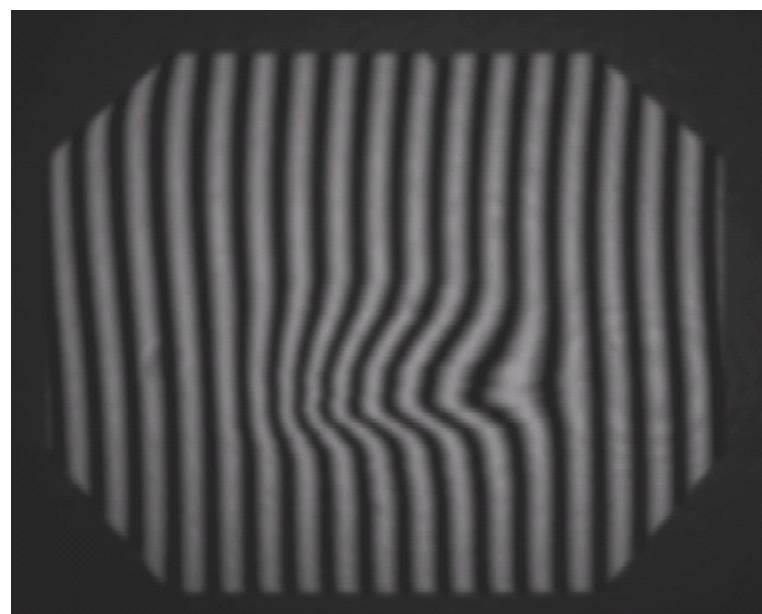
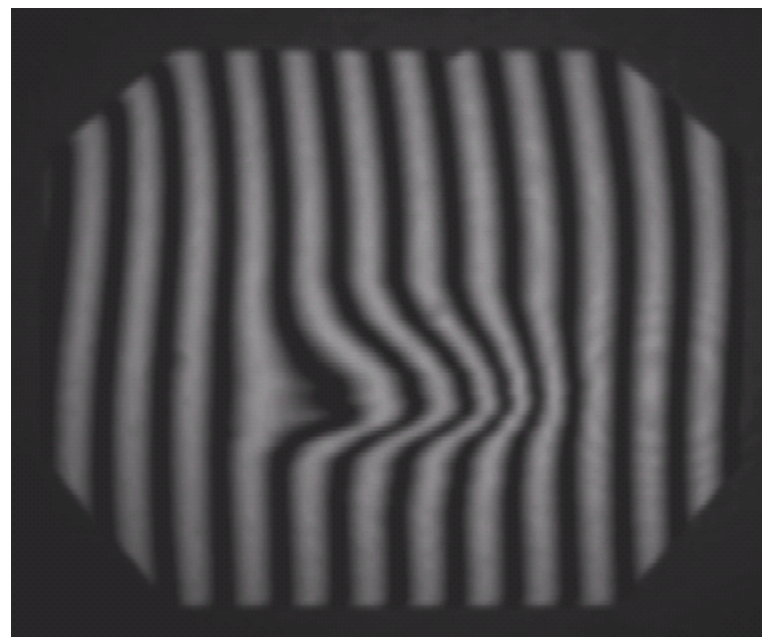
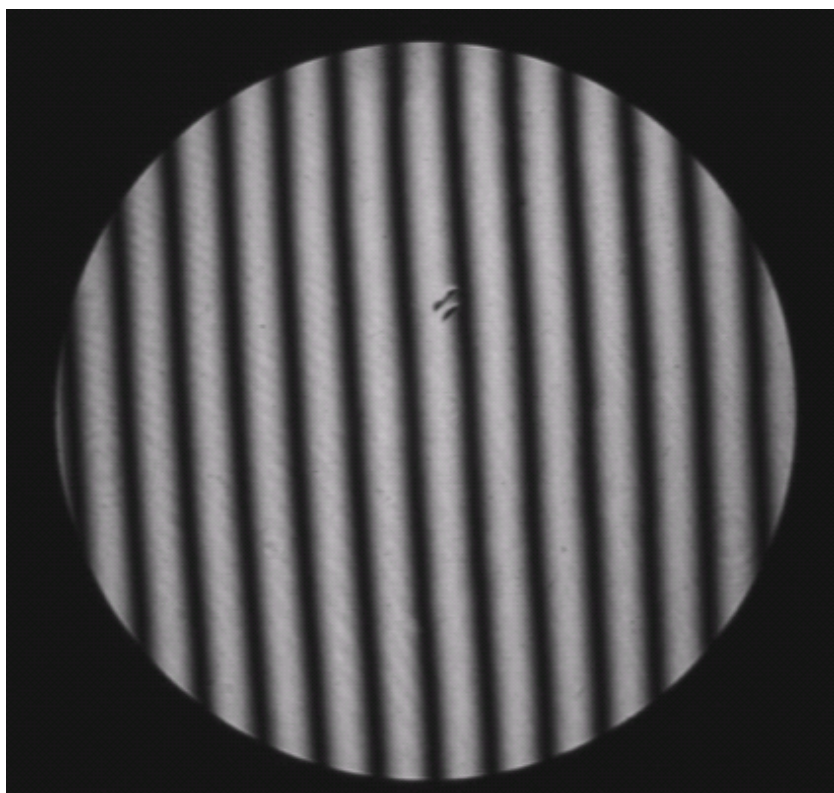
条纹分析：

注意应用比例关系

$$\frac{\Delta e}{e} = \frac{\Delta h}{\lambda/2n} = \frac{\delta}{2\pi}$$

应用：

测量表面平面度、局部误差
测量平板的平行度和楔角



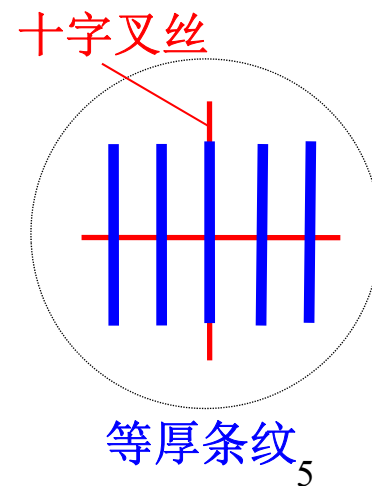
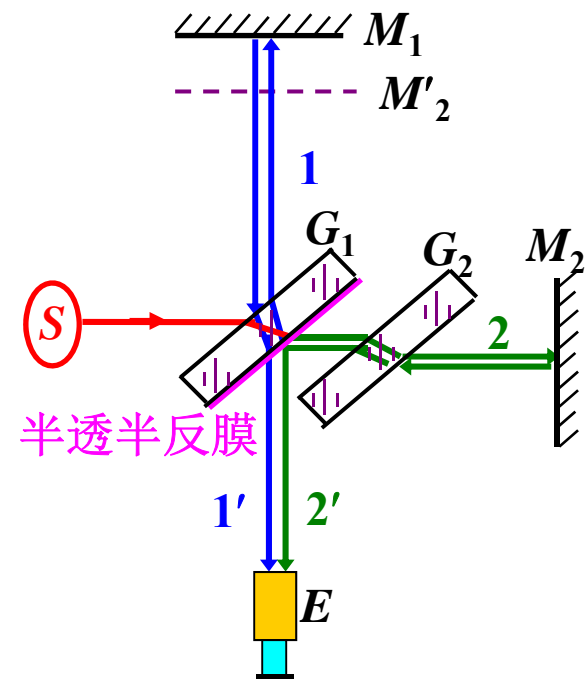
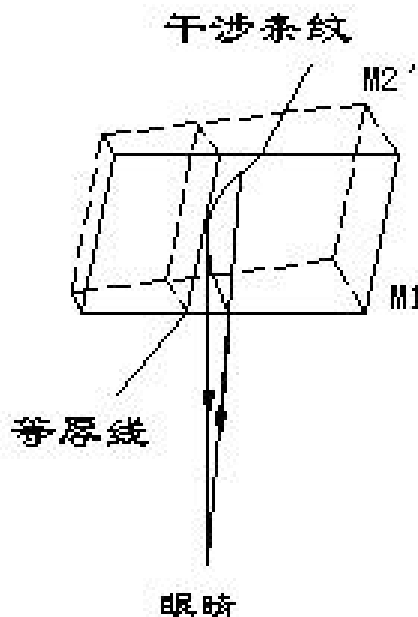
2、迈克尔逊干涉仪（1881）

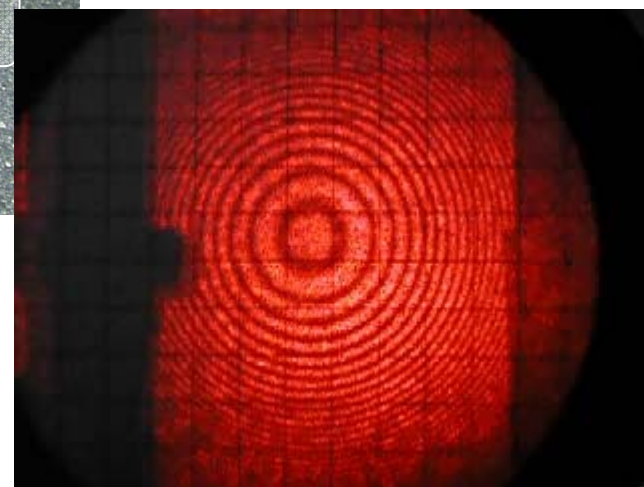
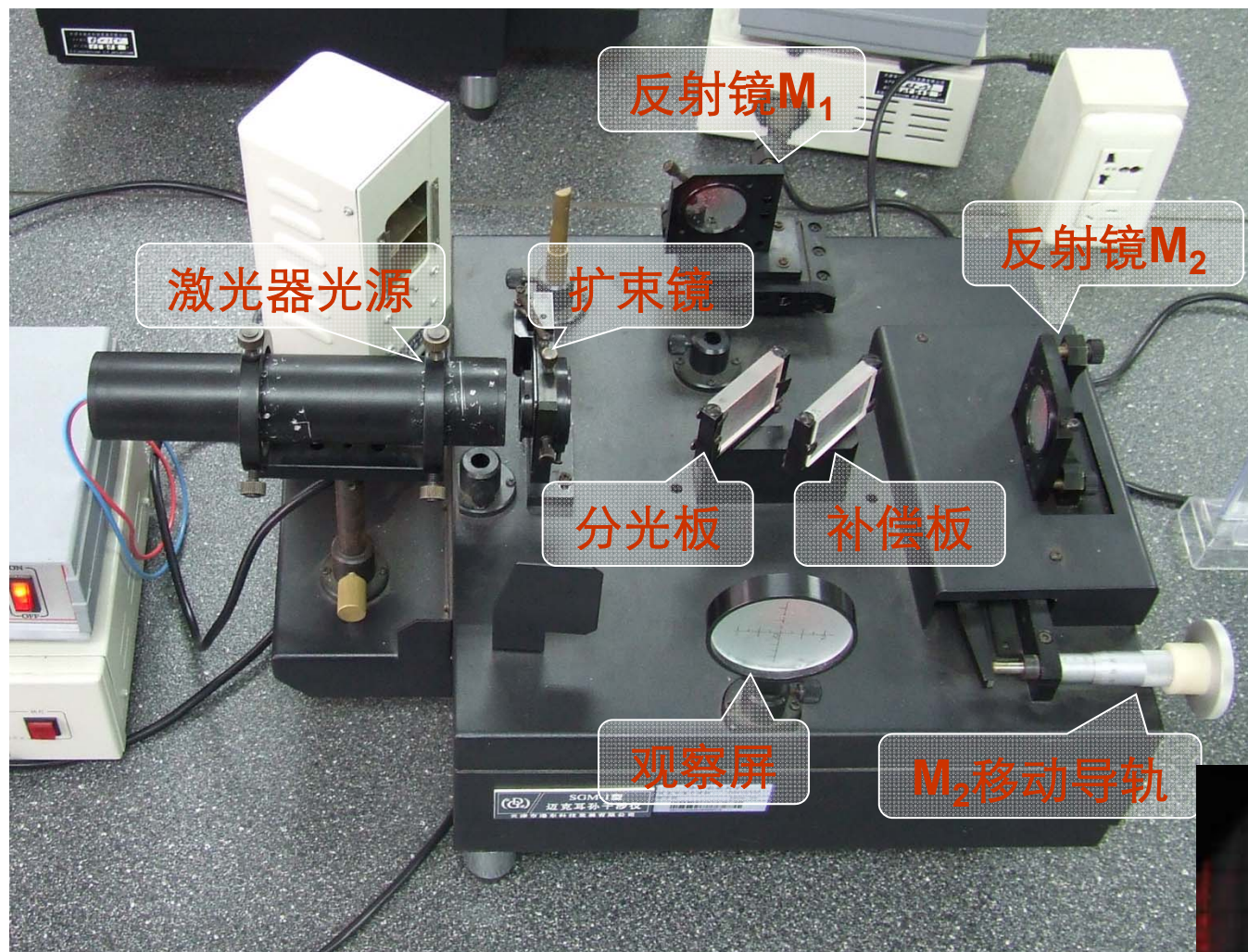
（一） 仪器结构、光路

（二） 工作原理

光束1'和2'发生干涉

- 若 M_1 、 M_2 平行 \Rightarrow 等倾条纹
- 若 M_1 、 M_2 有小夹角 \Rightarrow 等厚条纹
- 否则 \Rightarrow 混合条纹

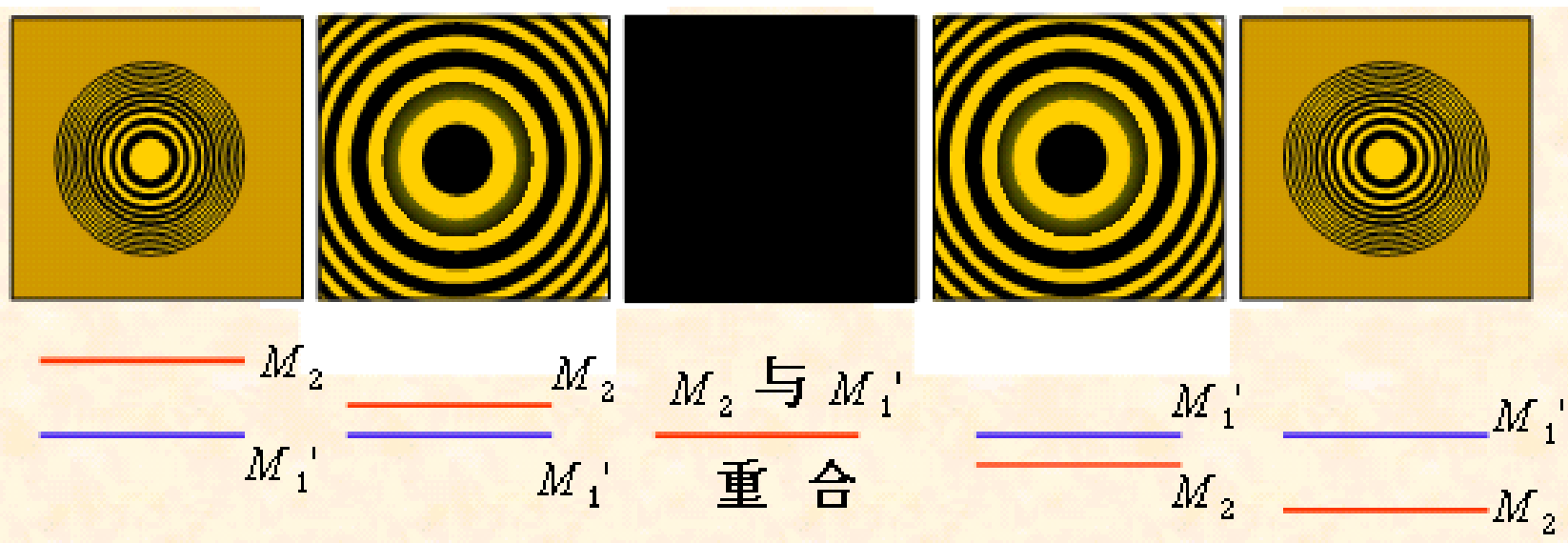
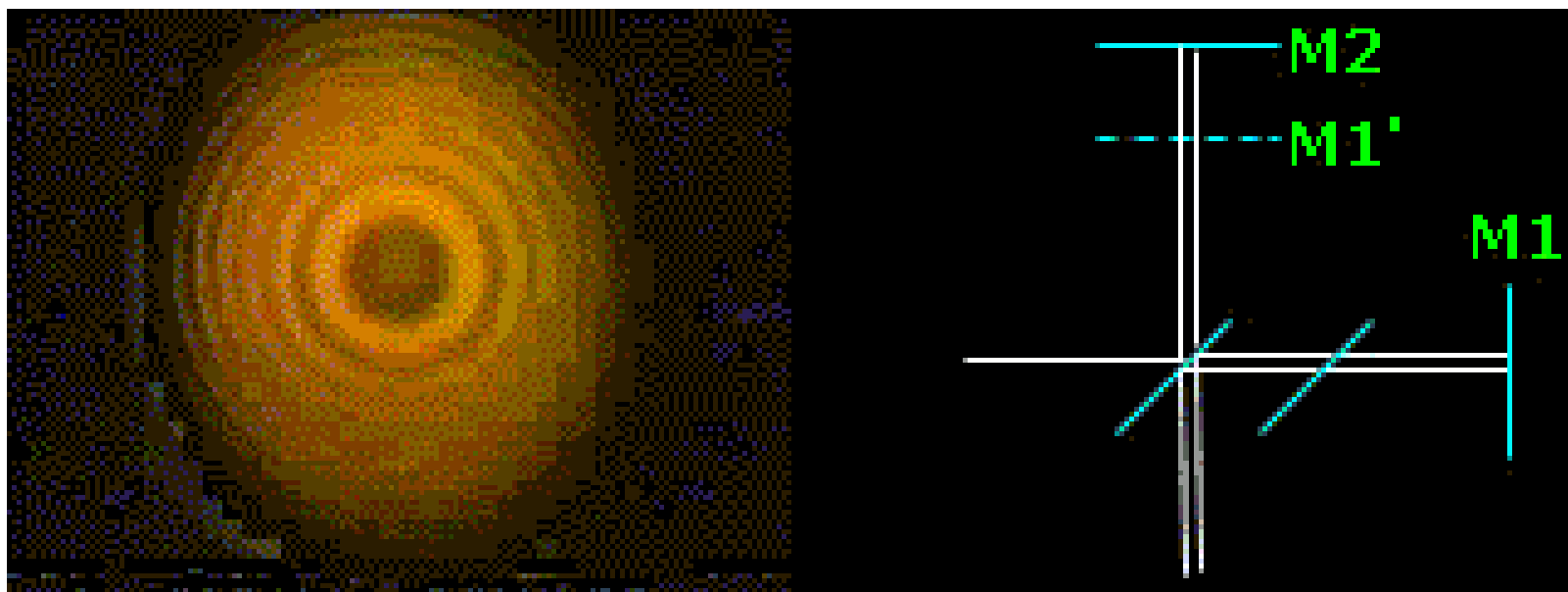




条纹变化

等倾干涉 h 增大时，条纹外冒，变密
 h 减小时，条纹内缩，变疏

等厚干涉 h 增大时，条纹向膜较薄的方向移动
 h 减小时，条纹向膜较厚的方向移动



膜的厚度 d 减小时，条纹内缩，中心处明暗交替。
膜的厚度 d 增大时，条纹外冒，中心处明暗交替。

若 M_1 平移 Δh 时，干涉条移过 N 条，则有：

$$\Delta h = N \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Δh 走过的距离

N 视场中心移过的条纹的数目

λ 单色光波长

优点：

- 1) 两束相干光完全分开
- 2) 光程差可以由一个镜子的平移来改变
- 3) 可以很方便的在光路中安置被测量的样品

应用：

测波长、折射率、厚度、微小位移测量
用白光条纹作精密测量

3. 迈克耳逊干涉仪的应用

测量微小位移(以波长为尺度, 可精确到 $\lambda/20$)

测折射率.....

例: 用氦氖激光器作光源 ($\lambda=6328\text{\AA}$), 迈克耳逊干涉仪中的内反射镜 M_2 移动一段距离, 这时数得干涉条纹移动了 79.2条, 试求 M_2 所移过的距离。

解:

$$d = N \frac{\lambda}{2} = 79.2 \times \frac{6328}{2} = 2.508 \times 10^5 \text{ \AA} = 25 \mu\text{m} .$$

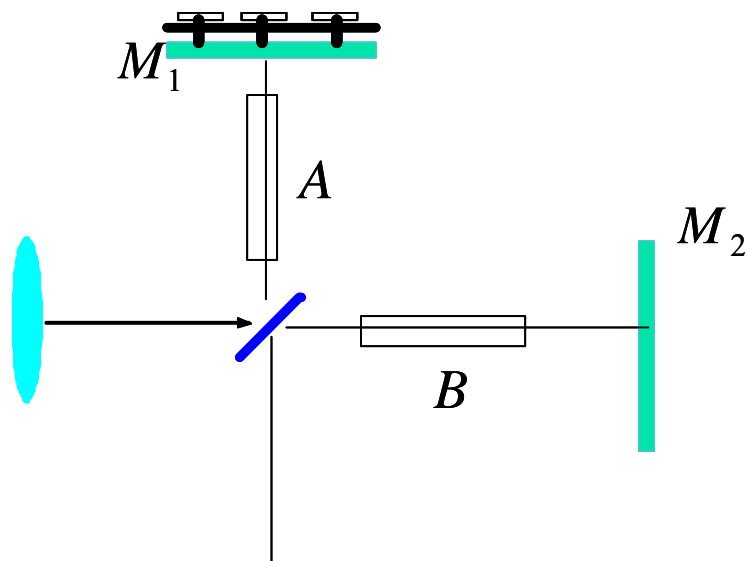
例: 在迈克耳逊干涉仪的两臂中分别引入 10 厘米长的玻璃管 A、B，其中一个抽成真空，另一个在充以一个大气压空气的过程中观察到107.2 条条纹移动，所用波长为546nm。求空气的折射率？

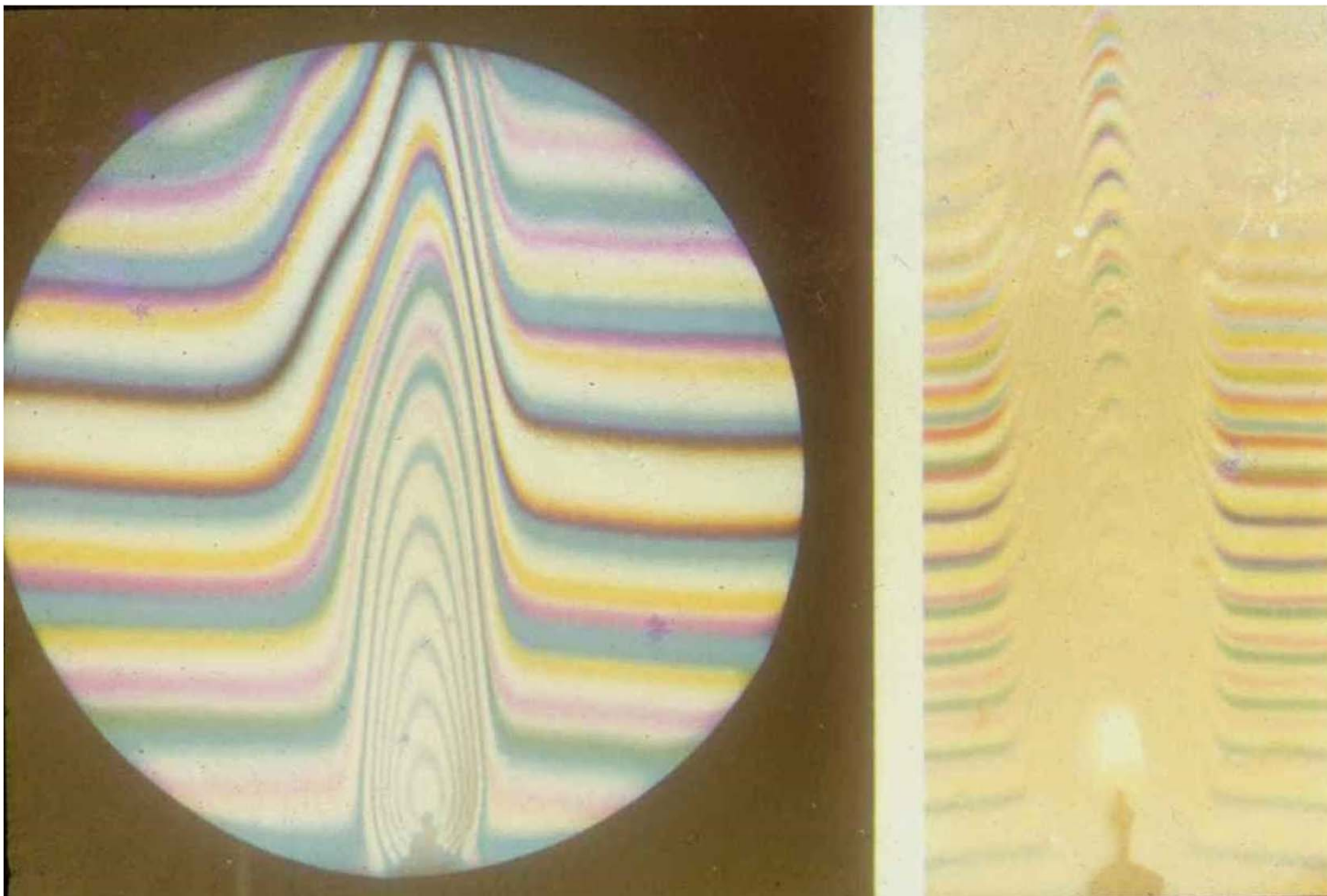
解：设空气的折射率为 n

$$\Delta L = 2nl - 2l = 2l(n - 1)$$

$$2l(n - 1) = 107.2 \times \lambda$$

$$n = \frac{107.2 \times \lambda}{2l} + 1 = 1.0002927$$



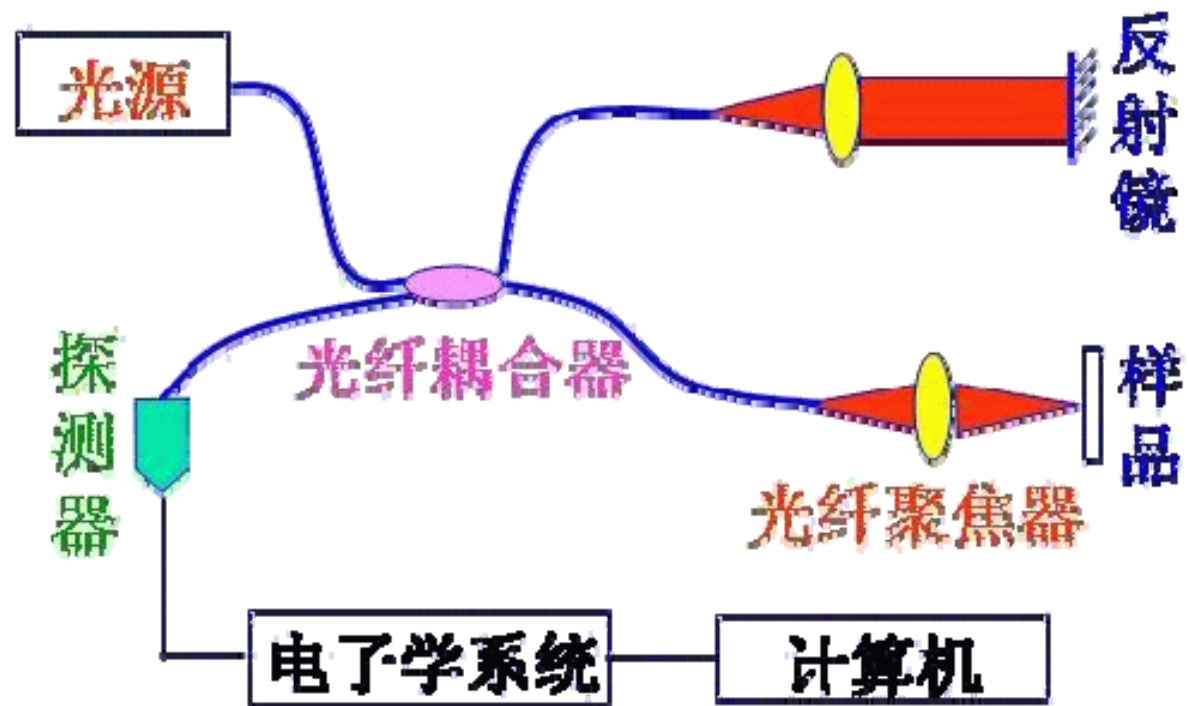


用迈克耳孙干涉仪测气流

问题

能否根据上述干涉花样描述气流的分布状况？

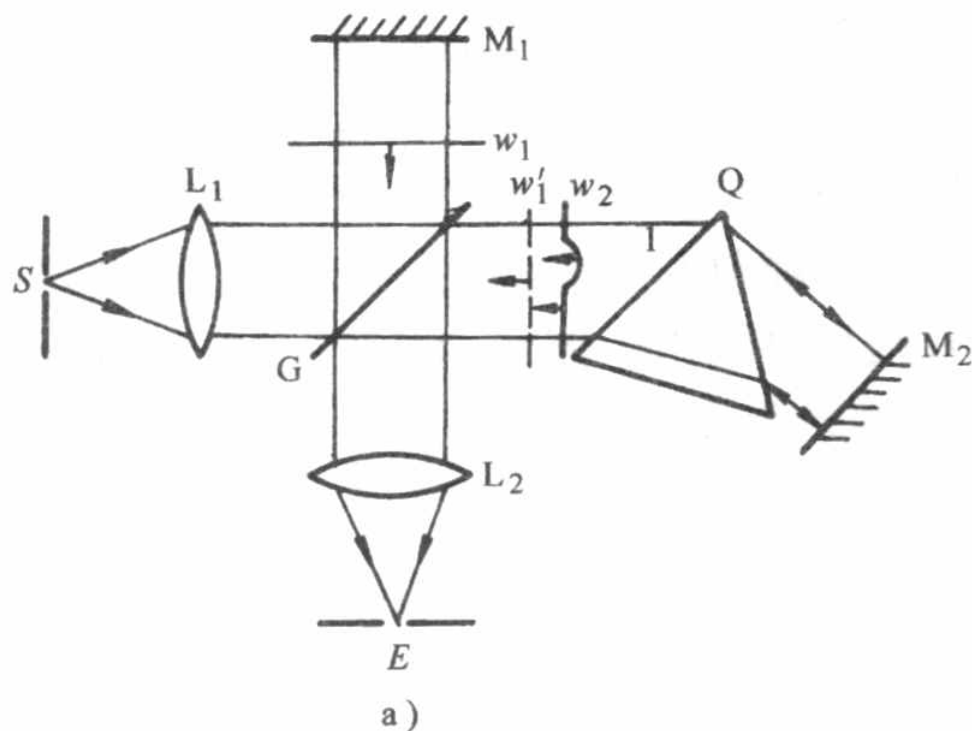
光纤化的迈克尔逊干涉仪

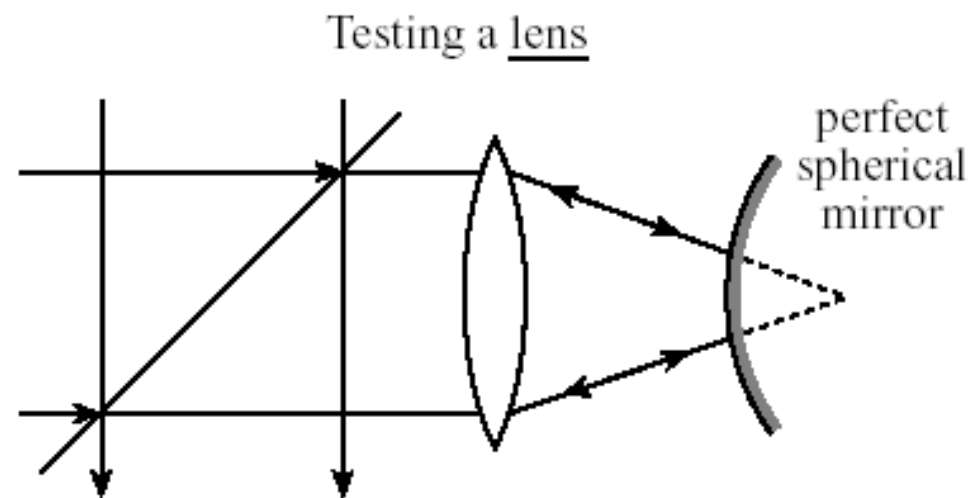
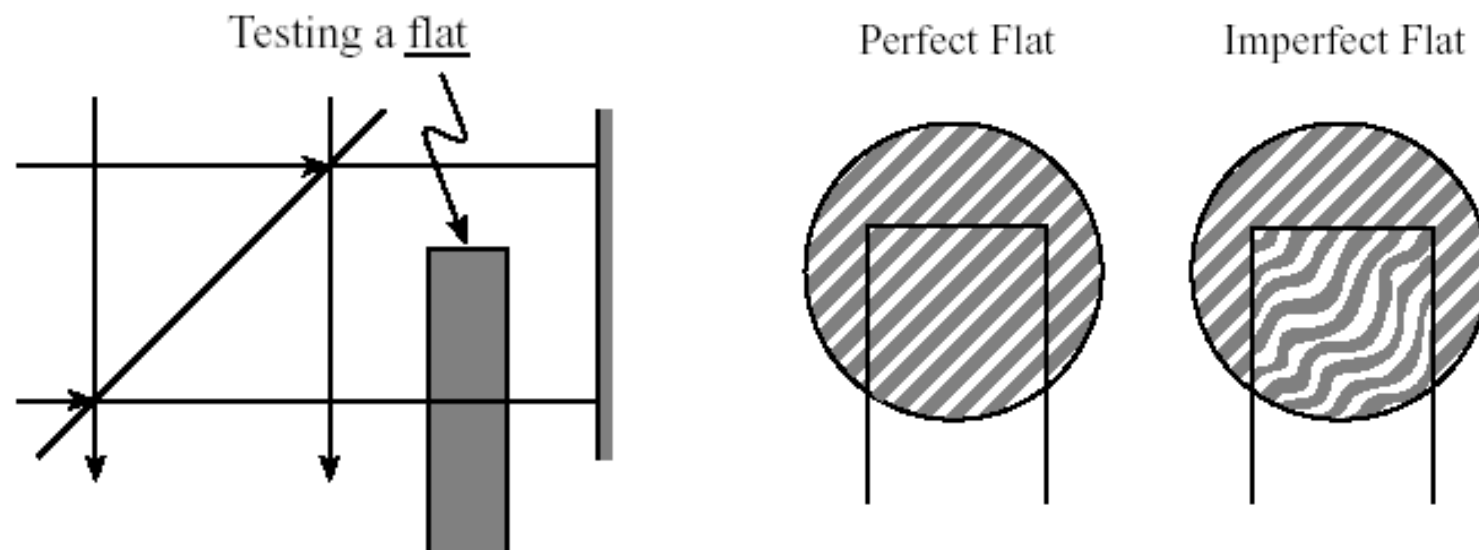


3、泰曼干涉仪

结构原理 在迈克尔逊干涉仪的一个光路中加入了被测光学器件
单色准直光照明，使产生等厚干涉条纹，用于检验光学零件的综合质量

检验原理 通过研究光波波面经光学零件后的变形确定零件质量





4、马赫—曾德干涉仪

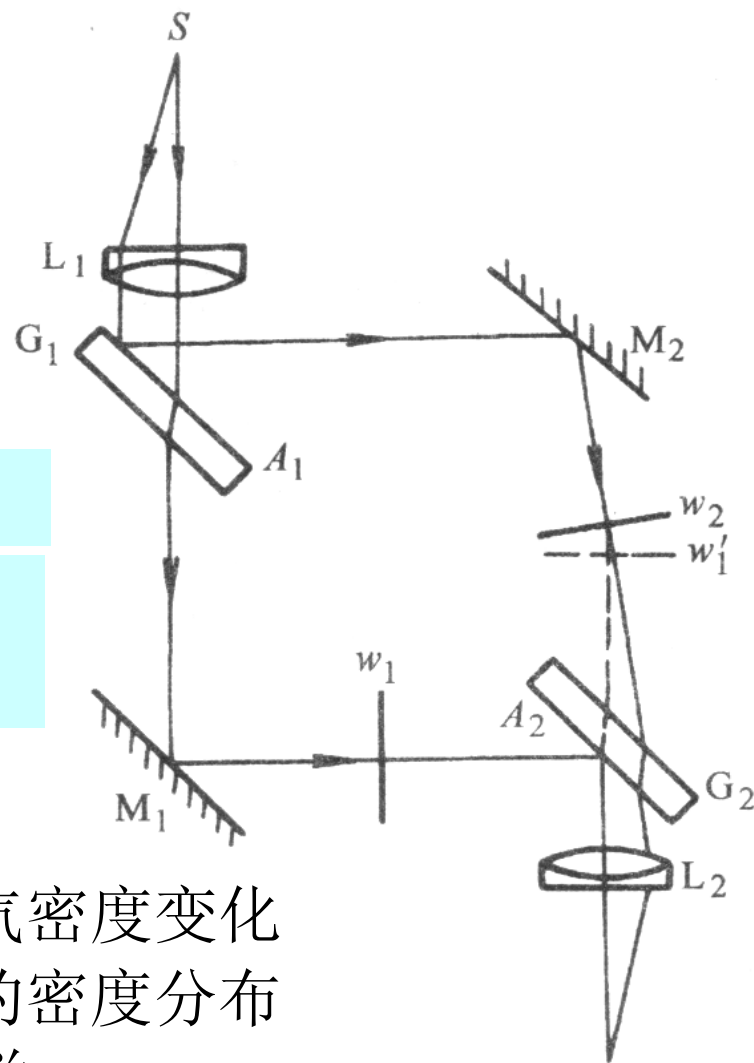
结构和光路走向如图

适用于研究气体密度迅速变化的状态

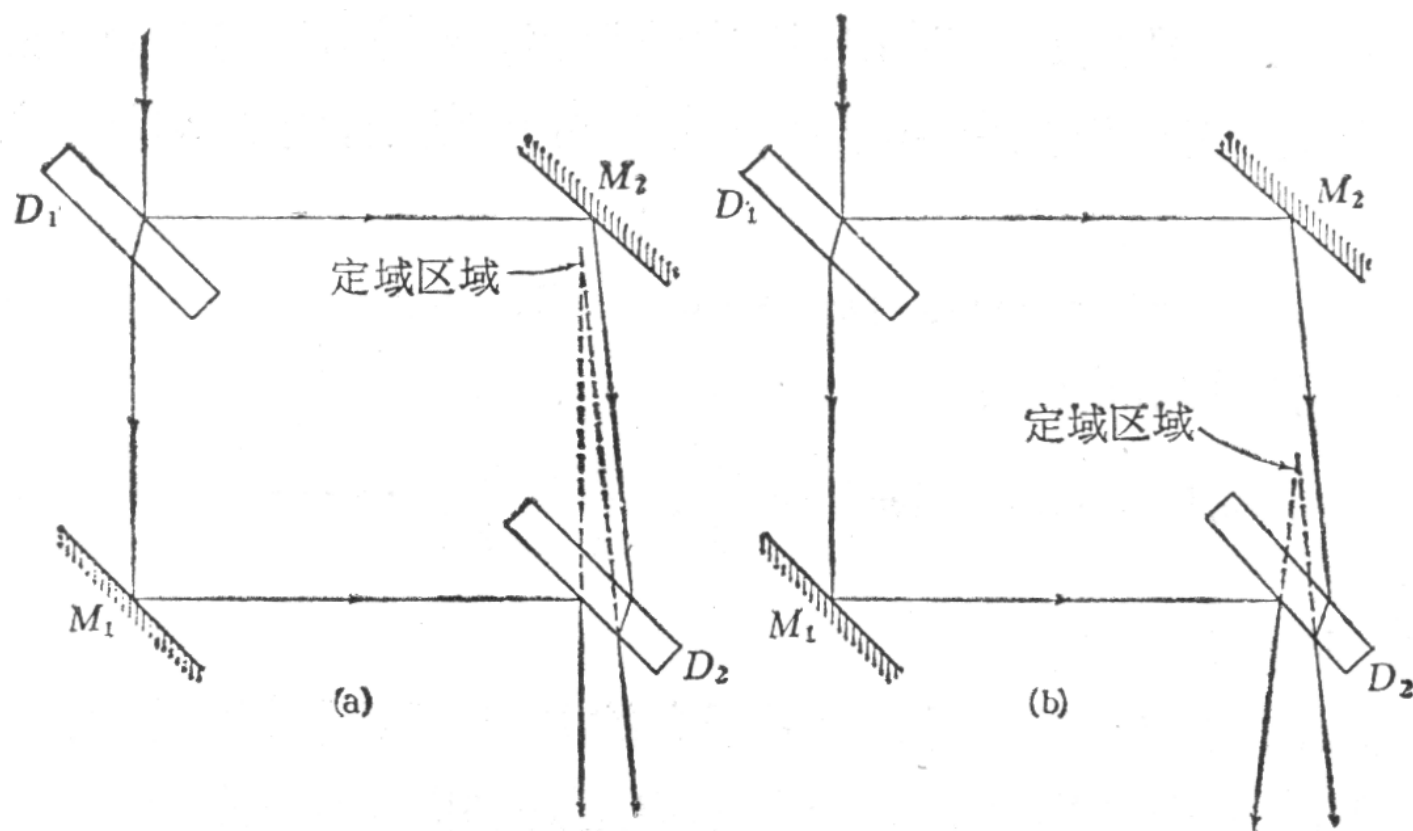
利用扩展光源，条纹是定域的
可通过调节 M_2 和 G_2 使条纹虚定域于 M_2 和 G_2 之间

应用：

- 1) 大型风洞中气流引起的空气密度变化
- 2) 可控热核反应中等离子区的密度分布
- 3) 光学全息，光纤和集成光学



马赫—曾德干涉仪中的条纹定域



二、其他干涉技术

1、数字波面干涉术

目的：产生移动的干涉条纹，用光电器件探测条纹的变化。

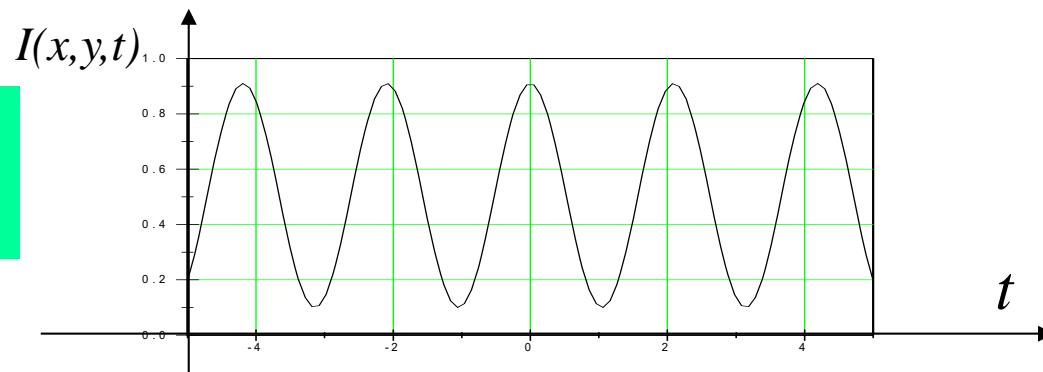
基本原理：利用光学拍频中干涉条纹强度随时间变化的性质。

设：干涉光波频率为 ω ，参考光波为 $\omega + \Delta\omega$ 。则合成的光波：

$$E(x, y, t) = E_0(x, y) \exp\{-i[\delta(x, y) + \omega t]\} + E_r \exp\{-i[\delta_r + (\omega + \Delta\omega)t]\}$$

光强分布：
$$I(x, y, t) = E_0^2(x, y) + E_r^2 + 2E_0(x, y)E_r \cos\{\delta_r - \delta(x, y) + \Delta\omega t\}$$

条纹是随时间
移动的量。

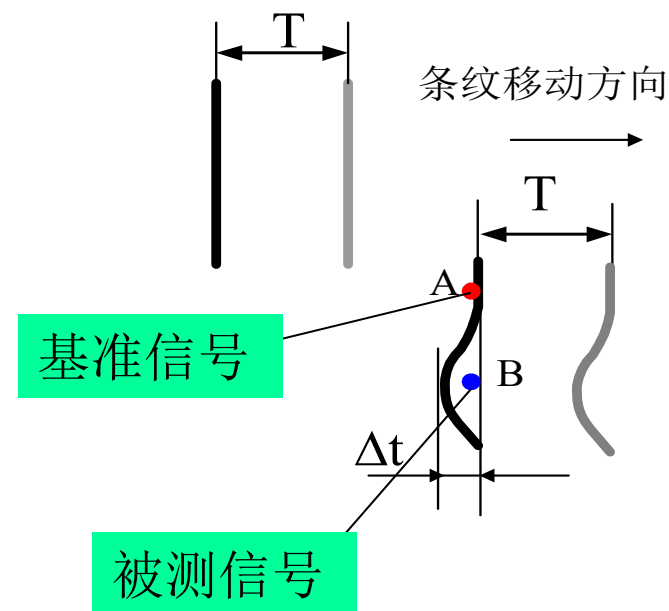


光强分布: $I(x, y, t) = E_0^2(x, y) + E_r^2 + 2E_0(x, y)E_r \cos\{\delta_r - \delta(x, y) + \Delta\omega t\}$

条纹随时间移动, 移动一个条纹间隔 e 的时间为 T , 对应为 2π 。移动 Δx , 所需时间为 Δt , 对应的位相

$$\delta_r - \delta(x, y) = 2\pi \frac{\Delta t}{T}$$

A点的过零时间差



2、傅里叶变换光谱仪

利用傅立叶变换技术，根据干涉效应，分析光源的光谱分布

组成： 一台泰曼干涉仪
一套作傅立叶变换的电子计算机处理系统

特点： 光能的利用率高，对于分析气体的极为复杂而强度很弱的红外光谱特别有用

光源的光谱分布与产生的干涉条纹的强度分布的关系

$$\begin{aligned} I(\Delta) &= \int_{-\infty}^{\infty} 2I_0(k)(1 + \cos k \cdot \Delta)dk \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} 2I_0(k)dk + \int_{-\infty}^{\infty} 2I_0(k) \cos(k \cdot \Delta)dk \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} 2I_0(k)dk + 2 \int_{-\infty}^{\infty} I_0(k) [\exp(ik\Delta) + \exp(-ik\Delta)]dk \\ &= \frac{1}{2} I(0) + \int_{-\infty}^{\infty} I_0(k) \exp(ik\Delta)dk \end{aligned}$$

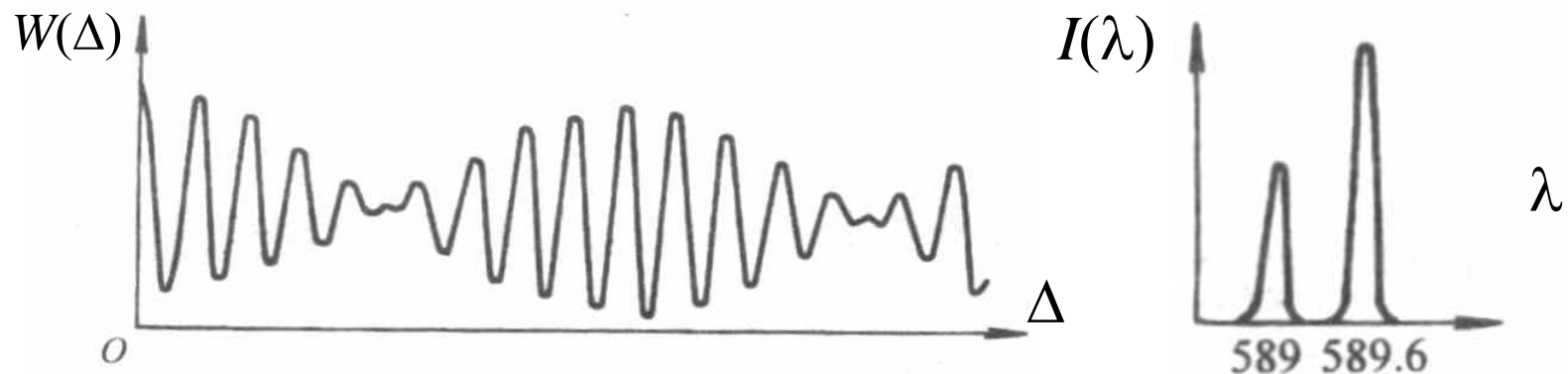
傅里叶变换对: $W(\Delta) = \int_{-\infty}^{\infty} I_0(k) \exp(ik\Delta) dk$ (1)

强度函数

谱密度函数

$$I_0(k) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(\Delta) \exp(-ik\Delta) d\Delta \quad (2)$$

通过移动 M_2 , 改变 Δ 获得 $W(\Delta)$, 再通过反傅里叶变换计算出 $I_0(k)$ 。



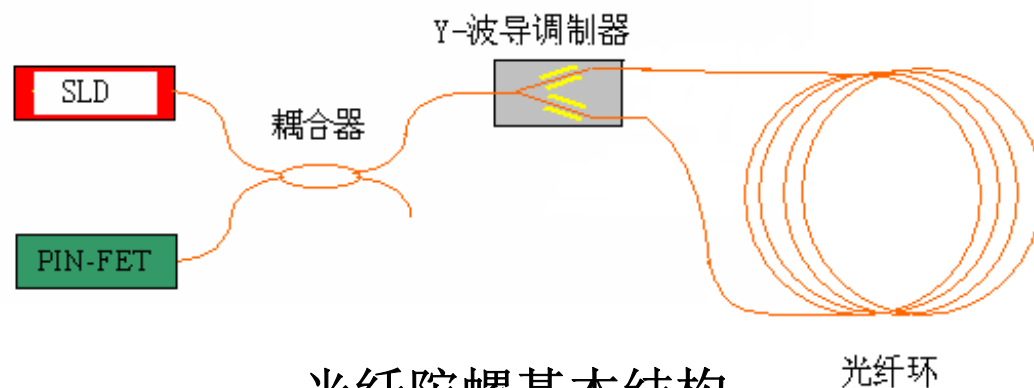
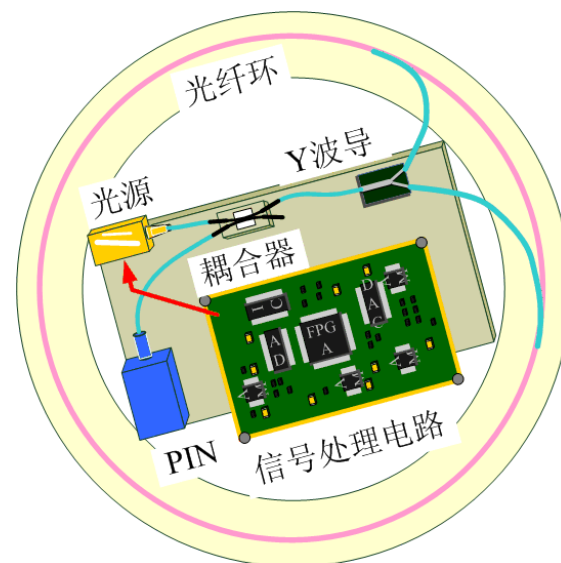
钠光灯作光源时, 记录下的强度函数及其相应的光谱图

光纤陀螺

闭合光路中相向传输的两束光发生干涉，
两束光相位差与转速成正比。

$$\delta = \frac{2\pi LD}{\lambda c} \cdot \Omega$$

典型应用：光纤陀螺
(光纤角速度传感器)



光纤陀螺基本结构

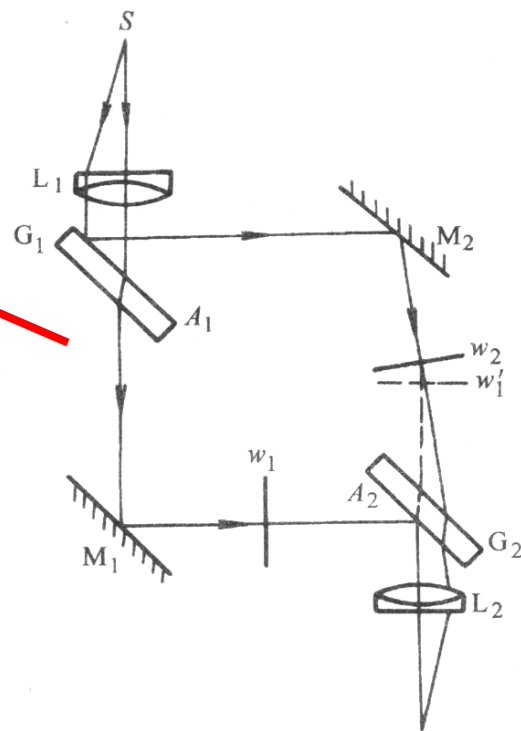
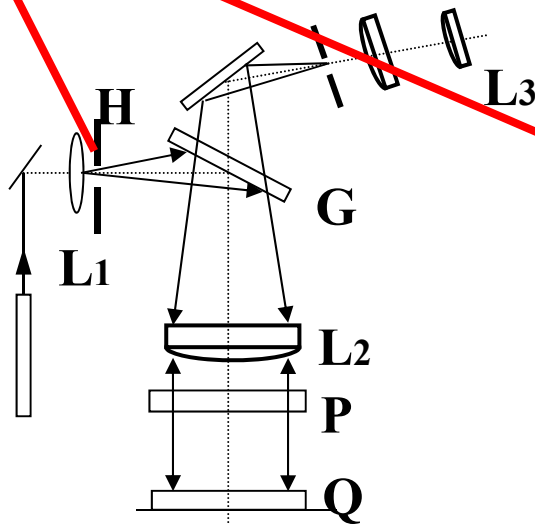
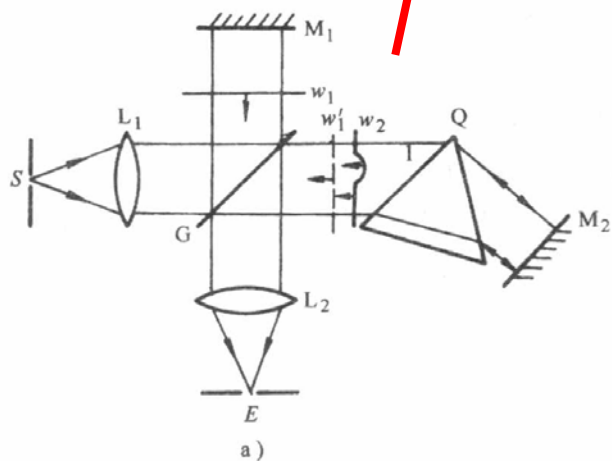
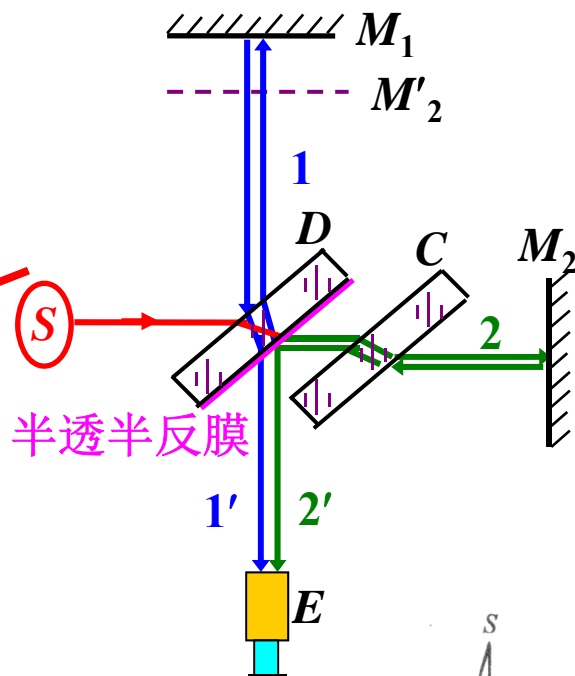


光纤陀螺实物

复习



- 1、斐索干涉仪
- 2、迈克耳逊干涉仪
- 3、泰曼-格林干涉仪
- 4、马赫-曾德干涉仪



作业

- 第376页21、22题