

F-P 干涉仪测波长差

法布里—珀罗干涉仪（简称 F-P 干涉仪）是一种应用多光束干涉原理制成的高分辨率光谱仪器，它具有很高的分辨本领和集光本领，因此，常用于分析光谱的超精细结构，研究光的塞曼效应和物质的受激布里渊散射，精确测定光波波长和波长差，以及激光选模等工作。

法布里-珀里(F-P)干涉仪是由两块间距为 h ，相互平行的平板玻璃 G_1 和 G_2 组成，如图 1 所示。为了获得明亮细锐的干涉条纹，两板相对的内表上镀有高反射铝膜或多层介质膜，两反射面的平面度要达到 $1/20 \sim 1/100$ 波长，同时，两板还应保持平行。为了避免 G_1 、 G_2 外表面反射光的干扰，通常将两板做成有一小楔角。实际仪器中，两块楔形板分别安装在可调的框架内，通过微调使两内表面严格平行，将 G_2 固定， G_1 可连续地在精密导轨上移动，以调节两板间距 h ，若两平行平面的间隔（通过间隔圈）被固定，则称该仪器为 F-P 标准具。

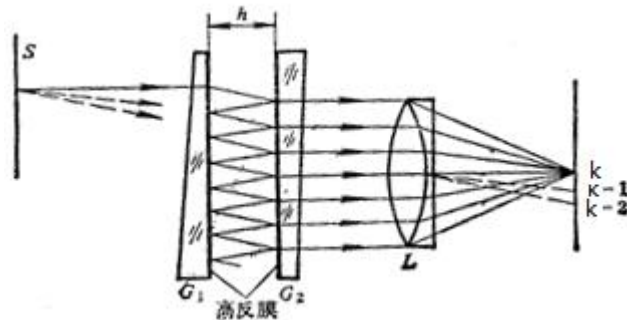


图 1 F-P 干涉仪光路原理图

实验采用法布里-珀里(F-P)干涉仪，钠光灯，测量望远镜等。F-P 干涉仪部分结构与相关技术指标参照前文实验设备介绍<<迈克耳逊干涉仪>>预习

【实验原理】

F-P 干涉仪属于分振幅多光束等倾干涉装置。可用有一定光谱宽度的扩展光源照明，在透镜 L 的焦平面上将形成一系列很窄的等倾亮条纹。与迈克耳逊干涉仪产生的双光束等倾干涉条纹比较，F-P 干涉仪的等倾圆纹要细锐得多，如图 2 所示。

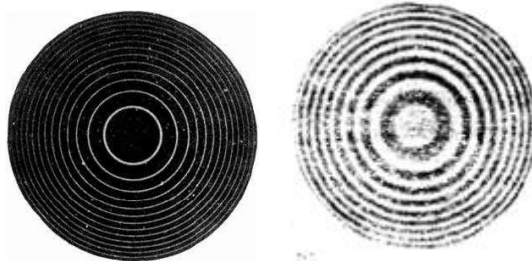


图 2 两种干涉仪产生的干涉图

a) F-P 干涉仪产生的多光束干涉图 b) 迈氏干涉仪产生的双光束干涉图

一般情况下，测量迈氏仪产生的圆条纹时读数精度为 $1/10$ 条纹间距左右；对 F-P 干涉仪产生的圆条纹，其读数精度可高达条纹间距的 $1/100 \sim 1/1000$ 。因此，F-P 干涉仪常用于高精度计量技术与光谱精细结构分析。

F-P 标准具用扩展光源发出的发散光束照明，如图 1.所示,在透镜 L 的焦平面上将形成一系列很窄的干涉园环条纹。条纹的中心干涉级的大小取决于两平板的间距 h （空气平板的厚度）。F-P 干涉方程（干涉极大值）为

$$2h \cos \varphi = k \lambda \quad (4)$$

其中 k 为条纹级数。同心的干涉园环，其直径为 D ，如图 3.所示有

$$D / 2 = f \operatorname{tg} \varphi \quad \operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$$

$$\cos \varphi \approx 1 - \varphi^2 / 2 = 1 - D^2 / 8f^2$$

$$2h \cos \varphi = 2h(1 - \frac{D^2}{8f^2}) = k\lambda \quad (5)$$

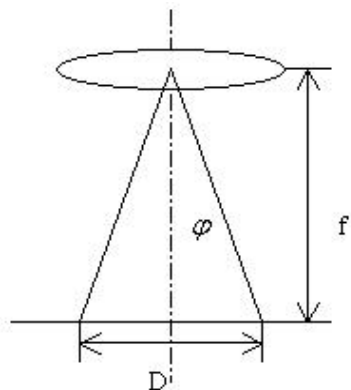


图 3.

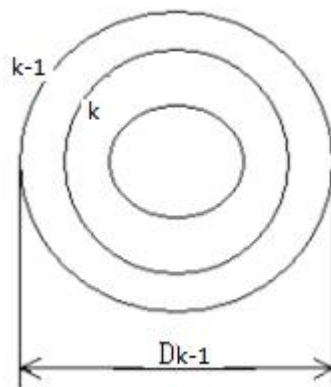


图 4.

若光源含有两个波长非常接近的光谱成分 λ 和 λ' ，则它们将各自形成一组环形条纹。对于不同波长 λ 和 λ' 同级次 k 级条纹，由 (4) 和 (5) 式，得

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda' = -(D_k^2 - D_k'^2) \frac{h}{4f^2k} \quad (6)$$

对于相同波长 λ 的不同级次 k 级和 $k-1$ 级干涉圆环有

$$D_{k-1}^2 - D_k^2 = \frac{4f^2\bar{\lambda}}{h} = \frac{4f^2k}{h} \frac{\bar{\lambda}^2}{2h} \quad (7)$$

由 (6) 和 (7) 式，得

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{D_k'^2 - D_k^2}{D_{k-1}^2 - D_k^2} \frac{\bar{\lambda}^2}{2h} \quad (8)$$

式中，平均光波长 $\bar{\lambda}$ 由分辨本领较低的分光仪预先测定

应该注意的是，利用上述方法测量 $\Delta\lambda$ 时，不允许使两组条纹的相对位移 Δk 可大于条纹间距 k ，即不允许发生干涉级次的交错现象

附:F-P 标准具的两个重要参量:

(1) 自由光谱范围

此范围表示在给定空气板厚度 h 的标准具中，入射光的波长在 $\lambda \sim \lambda + \Delta\lambda$ 间所产生的干涉圆环不重叠。若被研究的谱线波长差大于自由光谱范围，两套圆环之间就会发生重叠或错级，给分析带来困难。因此在使用标准具时，应根据被研究对象的光谱波长范围来确定间隔圈的厚度。

(2) 分辨本领

对于 F-P 标准具，其分辨本领为

$$\Delta\lambda / \lambda = kN \quad (9)$$

N 为精细度，即两相邻干涉级间能够分辨的最大条纹数:

$$N = \pi \sqrt{R} / (1 - R) \quad (10)$$

其中 R 为反射系数，一般情况下 R 在 90% 以上，因此当光近似正入射时有

$$k \approx 2h / \lambda \quad (11)$$

【实验内容】

1. 调试仪器

(1) 转动手轮将 G_1 与 G_2 间的间距调至 2mm 左右，再分别调节 G_1 、 G_2 背面的螺钉 3 使之松紧程度大致相同。

(2) 点亮钠灯，调节光窗位置，使之处于 G_1 板的正前方。

(3) 在钠灯光窗的毛玻璃上画一个十字线，则在 G_2 的透射光中可看到十字线的多个象，分别调节螺钉 3 和微调旋钮 4，使各个十字线象完全重合。此时，视场中应有条纹出现，将圆纹中心调至视场中央。左右移动眼睛观察，如果在移动眼睛过程中冒出新环或吸入环的现象，说明水平方向不平行，可调整下部两个旋钮，向哪个方向冒环就拧紧那个方向的旋钮，或拧松另一侧的旋钮，可根据旋钮原来的松紧程度来决定拧哪一个，直到水平移动眼睛时无冒环和吸环时为止。然后再竖直移动眼睛，如眼睛上移冒环就拧紧上部旋钮或同时拧松下部两个旋钮。反之就拧松上部旋钮或同时拧紧下部两个旋钮。这样水平和竖直两个方向多次反复调整后，用望远镜观察时即可看到细而锐的干涉环，这表示 G_1 和 G_2 内表面平行。换用望远镜观察，略微调节旋钮 4，便可得到图 2 所示的圆纹。

2. 观测，记录数据

完成调整后，通过读数望远镜观测哪两环是同一级次。任选择一个环作为 k 级读取 D_k 和 D_k' ，然后读取 D_{k-1} 。重复上述读数多次，取平均。

【数据处理】

h 从仪器上读取，钠灯的一个波长为 $\lambda = 589.44nm$ 。由公式 (8) 计算出 $\Delta\lambda$ 及 λ' ，验证钠光的平均波长。

【误差分析】

【注意事项】

旋转微调手轮，缓慢减小 G_1 和 G_2 的间距。注意用力均匀轻缓，不能使两者相碰。然后反方向旋转微调手轮 2，增大 h 。数据测量时必须沿一个方向旋转手轮，不得中途逆转，以避免回程误差。这时视场中条纹数逐渐增加，并且开始分离出双线。注意观察实验现象继续增大 h ，当 $\Delta k = k$ 时， λ_1 的第 k 级条纹与 λ_2 的第 $k-1$ 级条纹重合，称此为重级现象。若再继续增大 h ，将出现 $\Delta k > k$ ，发生级次交错。在测试中是不允许出现级次交错。

【思考题】

1. 分振幅双光束干涉条纹与多光束干涉条纹的强度分布有什么不同？原因是什么？
2. 开始调节 F-P 干涉仪时，圆纹中心往往偏在一边甚至不在视场内；或者圆纹中心虽在视场中央，但移动眼睛时，圆纹中心不仅移动，环径也随之改变，这些现象如何解释？如何纠

