光电传感与系统实验

实验 1 透镜的 FT 性质及图形的光学频谱分析

一. 实验目的

- 1. 了解透镜对入射波前的相位调制原理;
- 2. 加深对透镜复振幅传递函数透过率物理意义的认识:
- 3. 应用光学频谱分析系统观察常见图形的傅里叶(FT)频谱,加深空间频率域的概念。

二. 实验仪器设备

CSYGLJT1 激光多功能光电测量综合试验仪。

三. 实验要求

- 1. 预习教材中的相关内容。
- 2. 阅读并熟悉本次实验的内容。
- 3. 设计并正确连接电路。
- 4. 测量并记录实验数据。
- 5. 实验结束将仪器归位。

四. 实验任务

透镜由于本身厚度变化,使得入射光在通过透镜时,各处走过的光程不同,即所受时间 延迟不同,因而具有位相调制能力,图 1-1 为简化分析,假设 D(x,y) 任意点入射的光线在透镜中的传播距离等于该点沿光轴方向 透镜的厚度,并忽略光强损失,即通过透镜的光波振幅分布不 QL Q_2 变, 仅产生大小正比于透镜各点厚度的位相变化, 透镜传递函 N Μ 数记为:

 $t(x, y) = \exp[i\Phi(x, y)]$ (1-1)

 $\Phi(x, y) = kL(x, y)$

L(*x*, *y*):: 表示光程 MN。

 $L(x, y) = nD(x, y) + [D_0 - D(x, y)]$

D0:透镜中心厚度。

D: 透镜厚度。



图 1-1 透镜 FT 简化分析

(1-2)

n: 透镜折射率。

可见只要知道透镜厚度函数 D (x, y) 可得出其位相调制,在球面透镜傍轴区域,用抛物面近似球面,可得到球面透镜的厚度函数:

$$D(x, y) = D_0 - \frac{1}{2}(x^2 + y^2)(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})$$
(1-3)

R1, R2: 构成透镜的两个球面的曲率半径。

$$t(x, y) = \exp(jknD_0) \cdot \exp[-jk(n-1)\frac{1}{2}(x^2 + y^2)(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})$$
(1-4)
引入焦距 f, 其定义式为 $\frac{1}{f} = (n-1)(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})$
代入 (18-4) 得:
$$t(x, y) = \exp(jknD_0) \cdot \exp[-j\frac{k}{2f}(x^2 + y^2)]$$

此即透镜位相调制的表达式。第一项位相因子仅表示透镜对于入射光波的常量位相延迟,不影响位相的空间分布,即波面形状。第二项起调制作用的因子,它表明光波通过透镜时的位相延迟与该点到透镜中心的距离平方成正比。而且与透镜的焦距有关。其物理意义在于,当入射光波^{*u*_i(*x*, *y*)=1时,略去透镜的常量值相位延迟后,紧靠透镜之后的平面上复振幅分布为}

$$u(x, y) = u(x, y)^* t(x, y) = \exp[-j\frac{k}{2f}(x^2 + y^2)]$$

傍轴近似下,这是一个球面波,对于正透镜 f>0,这是一个向透镜后方距离 f 处的 F 会 聚的球面波。对于负透镜 f <0,这是一个由透镜前方距离 | f | 处的虚焦点 F 发散的球面波。

 $\exp[-j\frac{k}{2f}(x^2+y^2)]$ 可见波面的变化。正是透镜具有 的位相因子。当然,在非傍轴近似条 件下,会有波像差。考虑透镜孔径后,

$$t(x, y) = \exp[-j\frac{k}{2f}(x^2 + y^2)] \cdot p(x, y)$$

 $p(x, y) + \begin{cases} 1孔径内\\ 0 其它 \end{cases}$ 实验内容

1. 摆放实验光路,如图 1-2 所示。



图 1-2 实验光路

2. 扩束。

3. 在试件夹 16 中装入任一件 FT 试件。

4. 在 FT 透镜 17 的焦面附近移动 CCD22, 使成像清晰, 锁定 22。

5. 切换 FT 试件(微孔系列,□孔形波片,网状波片或光栅波片),观测频谱,记录频 谱图。

FT 试件	频谱图

五. 实验报告

1. 记录数据并进行数据处理。

实验 2 阿贝成像原理和空间滤波

一. 实验目的

1. 通过实验,加强对傅里叶光学中有关空间频率、空间频谱和空间滤波等概念的理解。

2. 熟悉空间滤波的光路及进行高通、低通和方向滤波的方法。

二. 实验仪器设备

He-Ne 激光器 L、激光器架(SZ-42)、扩束器 L1(f' = 6.2mm或15mm)、二维架(SZ-07)、 准直透镜 L2(f' = 190mm)、光栅(20L/mm)、干板架(SZ-12)、变换透镜 L3(f' = 225mm)、 白屏(SZ-13)、升降调节座(SZ-03)、三维平移底座 (SZ-01)、二维平移底座(SZ-02)。

三. 实验要求

- 1. 预习教材中的相关内容。
- 2. 阅读并熟悉本次实验的内容。
- 3. 设计并正确连接电路。
- 4. 测量并记录实验数据。
- 5. 实验结束将仪器归位。

四. 实验任务

阿贝所提出的成像原理以及随后的阿一波特实验在傅里叶光学早期发展历史上具有重要的地位。这些实验简单而且漂亮,对相干光成像的机理、对频谱的分析和综合的原理做出 了深刻的解释。同时,这种用简单模板做滤波的方法,直到今天,在图像处理中仍然有广泛 的应用价值。

阿贝认为在相干平行光照射下,成像过程可分为两个步骤。第一个步骤是通过物的衍射 在物镜后焦面上形成一个初级干涉图; 第二个步骤则为物镜后焦面上的初级干涉图复合为 像。这就是通常所说的阿贝成像原理。

成像的这两个步骤本质上就是两次傅里叶变换。如果物的复振幅分布是 $g(x_0, y_0)$,可以证明在物镜的后焦面 (x_f, y_f) 上的复振幅分布是 $g(x_0, y_0)$ 的傅里叶变换 $G(x_f, y_f)$ (只要 $f_x = x' / \lambda F$, $f_y = y' / \lambda F$: λ 为光的波长, f为物镜焦距)。所以第一个步骤起的作用就是把光场分布变为空间频率分布。而第二个步骤则是又一次傅里叶变换将 $G(x_f, y_f)$ 又还原到空间分布。

图 2-1 显示了成像的这两个步骤。如果以一个光栅作为物。平行光照在光栅上,经衍射 分解成为不同方向传播的多束平行光(每一束平行光相应于一定的空间频率)。经过物镜分 别聚焦在后焦面上形成点阵。然后,代表不同空间频率的光束又重新在像平面上复合而成像。



图 2-1 阿贝成像原理图

如果这两次傅氏变换完全是理想的,信息在变换过程中没有损失,则像和物完全相似。 但由于透镜的孔径是有限的,总有一部分衍射角度较大的高次成分(高频信息)不能进入物 镜而被丢弃了。所以物所包含的超过一定空间频率的成分就不能包含在像上。高频信息主要 反映物的细节。如果高频信息没有到达像平面,则无论成像透镜有多大的放大倍数,也不能 在像平面上分辨这些细节,特别当场的结构非常精细(例如很密的光栅),或物镜的孔径 非常小时,有可能只有 0 级衍射(直流成分)能通过,则在像平面上只有光斑而完全不能 形成图像。

根据上面讨论,我们可以看到物镜的孔径实际上起了高频滤波(即低通滤波)的作用。 这就启示我们,如果在焦平面上人为地插上一些滤波器(吸收板或移像板)以改变焦平面上 的光振幅和位相。就可以根据需要改变像平面上的频谱。这就是空间滤波。最简单的滤波器 就是一些特殊形状的光阑。将这种光阑放在频谱面上,使一部分频率分量能通过,而挡住其 它的频率分量,从而使像平面上的图像中的一部分频率分量得到相对加强。下面介绍几种常 用的滤波方法:

1. 低通滤波

滤去高频成分,保留低频成分。由于低频成分集中在频谱面的光轴附近,高频成分则落 在远离光轴的地方。故低通滤波器就是一个圆形光孔,图像的精细结构及突变部分主要由高 频成分起作用,故经低通滤波后图像的精细结构消失,黑白突变处变模糊。

2. 高通滤波

滤去低频成分,保留高频成分。而让高频部分通过。高频信息反映了图像的突变部分。 如果所处理的图像由透明和不透明部分组成,则经过高通滤波的处理,图像的轮廓(及相应 于物的透光和不透光的交界处)应显得特别明显。

3. 方向滤波

滤波器可以是一个狭缝,如果将狭缝放在沿水平方向,则只有水平方向的衍射的物面信 息能通过。在像平面上就突出了垂直方向的线条。方向滤波器有时也可制成扇形。

实验内容

1、调节光路

实验基本光路如图 2-2 所示。由透镜 L1 和 L2 组成氦氖激光器的扩束器(相当于倒置的 望远镜系统),以获得较大界面的平行光束。L3 做成像透镜。像平面上可以用白屏或毛玻璃 屏。



图 2-2 实验基本光路图

2、调节步骤:

(1) 调激光管的俯仰角和转角, 使光束平行于光学平台水平面。

(2)加上 L1 和 L2,调共轴和相对位置,使通过该系统的光束为平行光束(可用直尺检查)。

(3)加上物(带交叉栅格的"光"字)和透镜L3,调共轴和L3的位置,在3-4m以为的光屏上找到清晰的像之后,定下物和L3的位置(此时物位接近L3的前焦面)。

3、观察以为光栅的频谱

(1) 在物平面是上置换以为光栅,用纸屏(夹紧白纸的纸夹架 SZ-50) 在 L3 的后焦面 附近缓慢移动,确定频谱光点最清晰的位置,锁定纸屏座。

(2) 用大头针扎透 0 级和 ±1, ±2 ...级衍射光点的中心, 然后关闭激光器, 用读数显微镜测量各级光点与 0 级光点间的距离 $\pm x_1$, $\pm x_2$..., 利用式 $f_x = x' / \lambda F$, $f_y = y' / \lambda F$,

求出响应各空间频率 f_{x1} , f_{x2} ..., 并由基频 $f_{x1} = \frac{1}{d}$ 光栅常量 d。

4、阿贝成像原理实验

移开上一步使用的纸屏和读数显微镜。把一个可变的频谱光阑(SZ-39)放在频谱面上, 按图 2-3 的 b、c、d、e 所示,先后挡住频谱的不同部位,分别观察并记录像面上成像的特 点及条纹间距(特别注意 d 和 e 两种条件下成像的差异),试作简要的解释。



图 2-3 阿贝波特滤波实验

5、方向滤波

(1)将一维光栅换成二维正交光栅,在频谱面观察这种光栅的频谱。从像面上观察它的放大像,并测出栅格间距。

(2)在频谱面上安置一个可转动的狭缝光阑(SZ-40),先后只让含零级的垂直、水平与光轴成 45 度角的一排光点通过,观察并记录像面上图像的变化,测量像中栅格的间距并作简要解释。

6、低通和高通滤波

(1)将一个网格字屏(透明的"光"字内有叠加的网格)放在物平面上,从像平面接收放大像。字内网格可用周期性空间函数表示,它的频谱是有规律排列的分立点阵,而字形是非周期性的低频信号,它的频谱是连续的。

把一个可变圆孔光阑放在频谱面上,使圆孔由大变小,直到像面网格消失为止。字形仍 然存在。试作简单解释。

(2) 高通滤波

将一个透明十字屏放在物平面上,从像平面观察放大像。然后在频谱面上置一圆屏光阑,挡 住频谱面的中部,再观察和记录像面变化。

五. 实验报告

1. 记录数据并进行数据处理。

实验 3 4f 光学系统 FT 及 IFT 系统

一. 实验目的

1. 进一步掌握透镜的 FT 性质,学习 FT 光路的原理;

2. 应用 4f 光学 FT 系统观察常见图样的反傅氏变换(IFT)图像,并与 FT 频谱和试件图样比较;

3. 观察渐晕效应。

二. 实验仪器设备

CSYGLJT1 激光多功能光电测量综合试验仪。

三. 实验要求

- 1. 预习教材中的相关内容。
- 2. 阅读并熟悉本次实验的内容。
- 3. 设计并正确连接电路。
- 4. 测量并记录实验数据。
- 5. 实验结束将仪器归位。

四. 实验任务

透镜之所以能够做 FT,根本原因在于透镜的二次位相因子对入射波前起到位相调制作用。若以透镜后焦面为观察平面,物体相对于会聚透镜^d0发生变化时,可以研究透镜的 FT 性质。

图 3-1 表示物体紧靠透镜放置 FT 光路,物体指透射型薄平面试片。采用振幅 A 的单色平面波照明, 为求出透镜后焦面上的光强分布 Uf,须逐面求出透 镜前后平面光场分布 U1、U1'(1指 lens)设物体的 复振幅透过率^{*t*(*x*,*y*),则有}



图 3-1 物体紧靠透镜放置 FT 光路

$$U_{I}(x, y) = A \cdot t(x, y)$$

(3-1)

不计透镜孔径作用,透镜的复振幅透过率

$$t_l(x, y) = \exp[-j\frac{k}{2f}(x^2 + y^2)]$$
(3-2)

$$U'_{l}(x, y) = U_{l}(x, y) \cdot t_{l}(x, y)$$
(3-3)

光波从透镜传播 f 距离后,根据菲涅尔衍射公式

$$U_{f}(x_{f}, y_{f}) = \frac{1}{j\pi f} \exp[j\frac{k}{2f}(x_{f}^{2} + x_{f}^{2}) \times \Im\{U_{l}(x, y)\exp[j\frac{k}{2f}(x^{2} + y^{2})]\}$$
(3-4)

$$f_{x} = \frac{x_{f}}{xf}, \quad f_{y} = \frac{x_{y}}{xf}, \quad \text{ 不计常量相位因子}
 将 (3-1)、(3-2)、(3-4) 代入 (3-3), 得
 $u_{f}(x_{f}.y_{f}) = \frac{A}{j\lambda f} \exp[j\frac{k}{2f}(x_{f}^{2}+y_{f}^{2})] \cdot T(\frac{x_{f}}{\lambda f}, \frac{y_{f}}{\lambda f})$
(3-5)
 式中 $T(f_{x}, f_{y}) = \Im\{f(x, y)\}$
 式 (3-5) 表明,透镜后焦面上的光场分布正比于物体的 FT, 其频率取值与后焦面坐标,$$

其值是
$$f_x = \frac{x_f}{xf}$$
, $f_y = \frac{y_f}{xf}$ 。

exp $[j\frac{k}{2f}(x_f^2 + y_f^2)]$, 后焦面上的位相分布与物体 频谱的位相分布并不等同。但对光强响应型光电转换显示器件及目视效果来说,这一位相弯 曲 并 无 影 响 , 所 以 $I_f(x_f, y_f) = (\frac{A}{\lambda f})^2 T(\frac{x_f}{\lambda_f} \cdot \frac{y_f}{\lambda_f})^2$ 的物理 意义在于其后焦面上光强分布,恰恰是物 体的功率谱。

图 3-2 表示物体放置在透镜前方 d0



距离,可推得

$$U_{f}(x_{f}, y_{f}) = \frac{A}{j\lambda f} exp[j\frac{k}{2f}(1 - \frac{d_{0}}{f})(x_{f}^{2} + y_{f}^{2})] \cdot T(\frac{x_{f}}{\lambda f}, \frac{y_{f}}{\lambda f})$$
(3-6)

可见后焦面上的复振幅分布仍然正比于物体的 FT。而变换式前面的二次位相因子使物体频谱产生一个位相弯曲。当 d0=0 时,公式(3-6) 与图 3-1 情况完全一致;当 d0=f 时,公

 $U_f(x_f, y_f) = \frac{A}{j\lambda f} T(\frac{x_f}{\lambda f}, \frac{y_f}{\lambda f})$ 。此时,位相弯曲效应消失,后焦面上光场分 布是物体准确的 FT。这正是我们所用的 FT 运算光路。

物体放置在透镜后方,后焦面上仍然得到物体的 FT(相差一个二次位相因子)。当 d=f 时,即物体紧靠透镜后表面时,与紧靠透镜前方放置效果一样。

$$T(rac{x_f}{\lambda f},rac{y_f}{\lambda f})$$
若需要对所得的物体频谱 $T(rac{\lambda_f}{\lambda f},rac{\lambda_f}{\lambda f})$ 利用透镜再作一次变换,例如物体频谱位于透镜

前焦面,观察平面选在透镜后焦面,即^{x'y'}平面。透镜的焦距不变。略去常系数,可以得 到

$$U(x', y') = \iint T(\frac{x_f}{\lambda f}, \frac{y_f}{\lambda f}) \exp[-j\frac{2\pi}{\lambda f}(x_f x' + y_f y']dx_f dy_f = Ct(-x', -y')$$
(3-7)

式中,C为常数。于是连续两次变换的结果是在空间域还原一个物体,它是原物体的一个倒像。如果采用反射坐标系,即令 x" =-x, y" =-y,则

$$U(x", y") = Ct(x", y")$$
(3-8)

此时,透镜的作用可看作是实现了对物体频谱的傅里叶反变换(IFT)。

必须指出的是,当点光源位于有限距离,即采用球面波照明方式,透镜仍然可起 FT 作用,频谱面位于光源的像面位置,而不再是后焦面上。另外,透镜孔径对 FT 变换有影响。 实质原因是对参与变换的频率成分有滤波作用,同低频,阻高频,产生渐晕效应。,孔径越 大,越靠近物体,渐晕效应越小。

实验步骤如下:



图 3-3 实验光路

1. 摆放实验光路,如图 3-3 所示。

2. 扩束。

3. 在试件夹 16 中装入任一件 FT 试件。

4. 在 FT 透镜 26 的焦面附近移动 CCD, 使成像清晰, 锁定 22, 同时锁定 17。

5. 在试件夹 25 上图像处理试片(IFT 不需装试片),微调 FT 透镜 17,观测计算机上 IFT 图像和图像处理效果。

6. 切换图像处理试件,观测计算机上不同的图像处理效果。

7. 记录 IFT 图像,结合实验结果,整理出试件图样、FT 图、IFT 图、滤波等处理效果 图。

FT 图形	IFT 图形

五. 实验报告

1. 记录数据并进行数据处理。

实验4用干涉法测定空气折射率

一. 实验目的

- 1. 了解迈克尔逊干涉仪的原理结构,学习其调节和使用方法;
- 2.学会按一定的原理自行组装仪器的技能及调节光路的方法;
- 3. 学习用干涉法测空气的折射率。

二. 实验仪器设备

He-Ne 激光器 L、激光器架(SZ-42)、二维调节架(SZ-07)、扩束器 BE、升降调节座(SZ-03)、 三维平移底座 (SZ-01)、普通底座(SZ-04)、干板架(SZ-12)、气室(AR)、二维调节架(SZ-3)、 二维平移底座 (SZ-02)、平面镜 M1、平面镜 M2。

三. 实验要求

- 1. 预习教材中的相关内容。
- 2. 阅读并熟悉本次实验的内容。
- 3. 设计并正确连接电路。
- 4. 测量并记录实验数据。
- 5. 实验结束将仪器归位。

四. 实验任务

1、迈克尔逊干涉仪原理

迈克尔逊干涉仪的工作原理如图 4-1 所示, M1、M2 为两垂直放置的平面反射镜,分光 板与 M1 和 M2 的夹角均为 45 度。分光板上涂有半透明、半反射膜,能够将入射光分成振幅 几乎相等的反射光 1'、透射光 2',1'光经 M1 反射后由原路返回再次穿过分光板 P1 后成为 1"光,到达观察点 E 处;2'光到达 M2 后被 M2 反射后按原路返回,在 P1 的第二面上形成 2" 光,也被返回到观察点 E 处。由于 1'、2'光均来自同一光源 S,在到达 P1 后被分成 1'、 2'两光,所以两光是相干光。



图 4-1 迈克尔逊干涉仪工作原理图

总上所述,光线 2"是在分光板 P1 的第二面反射得到的,这样使 M2 在 M1 的附近(上部 或下部)形成一个平行于 M1 的虚像 M2',因而,在迈克尔逊干涉仪中,自 M1、M2 的反射相 当于自 M1、M2'的反射。也就是,在迈克尔逊干涉仪中产生的干涉相当于厚度为 d 的空气 薄膜所产生的干涉,可以等效为距离为 2d 的两个虚光源 S1 和 S2'发出的相干光束。即 M1 和 M2'反射的两束光程差为:

$$\delta = 2nP_1M_1 - 2nP_1M_2 = 2dn\cos i$$
(4-1)

$$\delta = 2dn\cos i = \begin{cases} k\lambda 亮\\ (k+1/2)\lambda 苷 \end{cases} (k=1,2,3...)$$
(4-2)

两束相干光明暗条件为

式中 i 为反射光 1′在平面反射镜 M1 上的反射角, λ 为激光的波长, n 为空气薄膜的折射率, d 为薄膜厚度。可见, 当两束光中某一束光的光程改变λ时, 就有一个条纹"涌出"或"陷入"。

2、测空气折射率的光路设计



He - Ne 激光器 L; 2: 普通底座 (SZ - 04); 3: 二维调节架 (SZ - 07)
 扩束器 E 5: 升降调节底座 (SZ - 03) 6: 三维平移底座 (SZ - 01)
 分束器 S 8: 普通底座 (SZ - 04) 9: 白屏 H
 干版架 (SZ - 12) 11: 气室 AR 12: 光栅转台 (SZ - 10)
 二维平移底座 (SZ - 02) 14: 二维调节架 (SZ - 07) 15: 平面镜 M1
 二维平移底座 (SZ - 02) 17: 二维平移底座 (SZ - 02) 18: 平面镜 M2
 二维调节架 (SZ - 07) 20: 二维调节架 (SZ - 07)

4-2 实验光路图

用一片光束分离板 G 和两片前表面反射镜 M1、M2 在光学防震平台上组成迈克尔逊干涉 仪光路,如图 4-2 所示,在干涉仪的一臂上放一个气室。气室是一段玻璃管,两端磨平并用 两块平行平板玻璃密封。它有两个端口,一个接气压表,一个接打气球,打气球有一个放气 阀门。

由氦氖激光器发出的光(波长为632.8nm)经镜 M 反射至分光板 G,被分为①和②两束。 这两束光分别被镜子 M1 和 M2 反射后回到 G 处相遇,在光屏上接收到两光束会合后的叠加光 波。由于激光束通过扩束镜已经发散,从屏上可以观察到较大的等倾干涉圆环。

如果气室内空气的压力p改变,相应折射率n改变了,则上述干涉光路将增加光程差, 这一光程差变化将引起干涉条纹N个环的变化(即有N个干涉环从中心冒出来或缩进去)。 设气室内空气柱的长度为1,则有

$$\delta = 2\Delta n l = N\lambda \tag{4-3}$$

$$\Delta n = N\lambda/2l \tag{4-4}$$

即

若将气室抽真空(室内压强近视于零,折射率 n=1),再向室内缓慢充气,同时计数干 涉环变化数 N,由公式(4-4)可计算出不同压强下折射率的改变值 n,则相应压强下空气 折射率

$$n = 1 + \Delta n \tag{4-5}$$

若采取打气的方法增加气室内的粒子(分子和原子)数量,根据气体折射率的改变量 与单位体积内粒子数改变量成正比的规律,可求出相当于标准状态下的空气折射率 n0。对 于确定成分的干燥空气来说,单位体积内的粒子数与密度 p 成正比,于是有

$$\frac{n-1}{n_0 - 1} = \frac{\rho}{\rho_0} \tag{4-6}$$

式中, ρ_0 是空气在热力学标准状态($T_0 = 273K$, $p_0 = 101325Pa$)下的密度; n_0 是在相 应状态下的折射率; $n n \rho$ 是相对于任意温度 T 和压强 p 下的折射率和密度。联系理想气 体的状态方程,有

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{pT_0}{p_0T} = \frac{n-1}{n_0 - 1} \tag{4-7}$$

如果实验时温度 T 不变,对上式求压强 p 的变化所引起的折射率 n 的变化,则有

$$\Delta n = \frac{n_0 - 1}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T} \Delta p \tag{4-8}$$

_{考虑到} $T = T_0(1+at)$ _{(其中}a 是空气的线膨胀系数, $\frac{1}{273} = 0.00367$, t 是摄氏温度, 即室温), 代入式 (4-8) 得

$$\Delta n = \frac{n_0 - 1}{p_0} \frac{\Delta p}{(1 + at)} \tag{4-9}$$

于是

$$n_0 = 1 + p_0(1 + at)\frac{\Delta n}{\Delta p} \tag{4-10}$$

将式 (4-4) 代入 (4-10) 得

$$n_0 = 1 + p_0(1 + at)\frac{\lambda}{2l} \cdot \frac{N}{\Delta p}$$
(4-11)

测出若干不同的^Δ*p* 所对应的干涉环变化数 N, N-^Δ*p* 关系曲线的斜率即为^Δ*p* 。*P*₀ 和 *a* 为已知, t 见温度计显示, λ 和 1 为已知,代入式(4-11)即可求得相当于热力学标准状态下的空气折射率。

根据式 (4-7) 求得 P_0 代入式 (4-8), 经整理,并联系式 (4-4),即可得

$$n = 1 + \frac{N\lambda}{2l} \cdot \frac{p}{\Delta p} \tag{4-12}$$

实验步骤如下:

(1) 将各光学元件固定在相应的支架上,夹好、靠拢,调等高。

注意:各光学元件的高度通过目测调节好后,在固定前同时应确保各光学元件与相应光 学底座的某一边保持平行,便于调节光路。

(2) 按光路图自组迈克尔逊干涉仪,进行调节白屏上就会出现等倾干涉圆环。

(3)取走扩束镜,在其中一条光路上放置气室,微调气室支架上的倾角螺丝,使透射激光从气室的前后两个光学表面中心通过。左右移动反射镜,使经过气室的透射激光照射到反射镜的正中心。固定气室。

(4) 加入扩束镜, 白屏上就会出现等倾干涉圆环。

注意:如果干涉圆环过小或看不见条纹,可以调节一下两支路的光程差,不能过大或相等。

(5)用打气囊向气室内充气,观察气压计读数与干涉圆环变化的现象。

(6)紧握打气囊反复向气室充气,至气压计满量程为止,记下p。缓慢松开气阀放气,同时默数干涉圆环变化数N,至气压计表针回零。本实验应重复多次测量。同时记下实验环境的温度、压强,并用游标卡尺量出气室长度。

$$n=1+\frac{N\lambda}{2l}\cdot \frac{p}{\Delta p}$$

(7)数据处理:由 计算出实验环境的空气折射率。根据空气在常温下的经

 $n_{\text{理想}} = 1 + \frac{2.8793 p}{1 + 0.00367 lt} \times 10^{-9}$,计算出实验环境空气折射率的理论值,并与计算值比较。

五. 实验报告

- 1. 记录数据并进行数据处理。
- 2. 为什么两平面镜要相互垂直,不垂直将产生什么情况?
- 3. 干涉条纹太密怎么办,为什么?
- 4. 是否可以用来测光波的波长和波长差,请说明原理和测量过程。