

不同功率水平下测出的干涉条纹变化, 计算出了 n_2 的大小(数据和干涉条纹变化分别见表 1 和图 3), 由这些数据作了功率密度与条纹移动量的关系曲线(见图 2), 不同的功率水平下测量的 n_2 值相差为 $\pm 1.1 \times 10^{-13}$ esu, 因此估计测量精度在 20% 以内。

本实验测量的结果与文献 [3] 中用四波混频法对类似样品测量得到的 n_2 相近。四波混频测量 n_2 是基于电子云畸变的机理, 因此本实验的结果也间接地说明了毫微秒脉冲激光对介质的作用产生的 n_2 , 电子云畸变的贡献是主要的。

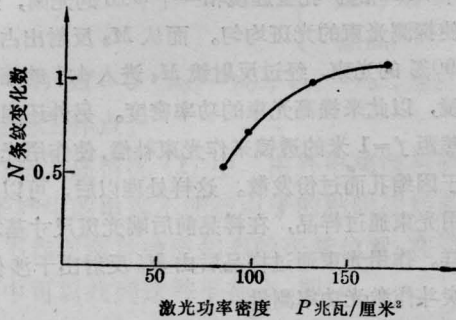


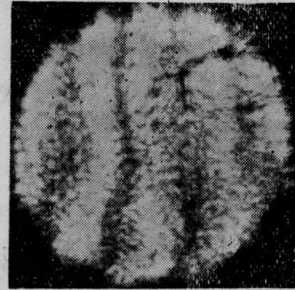
图 2 激光功率密度与干涉条纹变化关系曲线

表 1 由不同的激光功率密度测出的条纹变化和 n_2

序号	样品	功率密度 (兆瓦/厘米²)	条纹变化	n_2^{esu}
1	ZF-7	82.5	0.57	6.2×10^{-13}
2	ZF-7	98.5	0.72	6.6×10^{-13}
3	ZF-7	171	1.40	7.3×10^{-13}
4	ZF-7	130	1	6.9×10^{-13}



(a) 无强激光时的干涉条纹



(b) 强激光功率 $P=98.5$ 兆瓦/厘米² 时的干涉条纹

图 3

参 考 文 献

- [1] Michael J. Moran, Chiao-yao She; *IEEE J. Quan. Electr.*, 1975, **QE-11**, No.6, 259.
- [2] A. П. Вебута, В. П. Кирсанов; *ЖЭТФ*, 1968, **54**, 1374~1379.
- [3] 《物理学报》, 1980, **29**, No.4, 509.
(中国科学院上海光机所 傅文标 郑桂珍
1980年5月29日收稿)

衍射成象在光束波面曲率测量中的应用

Abstract: The wavefront curvature of a laser beam was measured by diffraction imaging, a measurement method which may be applied in measurements. The local wavefront distortion induced by small-scale self-focusing of high power laser beams have been improved.

光束波面曲率测量中最常用的方法是剪切干涉仪及哈特曼网格板投影法。但在小口径光束情况下, 条纹的周期大于剪切量时, 干涉仪是不适用的。同样, 网格板投影分辨率太低也不适用。衍射成象方法则具有高精度及高分辨率的优点, 它弥补了上述两种方法的不足。

一、衍射成象现象

根据费涅耳衍射理论^[1], 对一个口径为 $2a$ 的孔, 当其被一束波长为 λ 的平行光照射时, 在垂直于光束传输方向上并在距孔为 z 的位置上, 将会出现孔的衍射象, 象位置满足 $N=a^2/\lambda z$, 其中 N 是正整数, 称费涅耳数。当孔被一束曲率半径为 R 的球面波照

明时, 则有 $N = a^2 / \lambda z \pm \frac{a^2}{R\lambda}$ (发散波取正号, 会聚波取负号)。 N 随 z 增大而变小。 令 $N = \frac{1}{m}$, 则有

$$z = m(a^2 / \lambda) \text{——平行光照明, 或 } m(a^2 / \lambda) = \frac{Rz}{R \pm z}$$

——球面波照明。

同样地, 当一束平行光照明周期为 d 的衍射光栅时, 在距光栅不同位置上将产生光栅的衍射象, 象距光栅满足

$$z = m \left(\frac{d}{2} \right)^2 / \lambda \quad (1)$$

在球面波照明时, 有

$$zR / R \pm z = m \left(\frac{d}{2} \right)^2 / \lambda \quad (2)$$

其中, R 代表从光栅算起的球面波曲率。 m 代表光栅的第 m 级象。

由几何定理易证,

$$d' = d(R \pm z) / R \quad (3)$$

其中, d' 表示光栅象的周期。

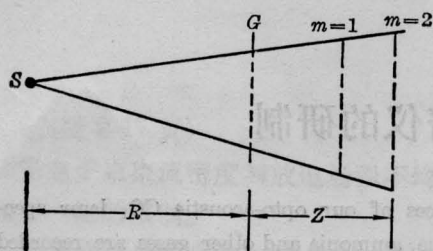


图1 衍射光栅的衍射成像示意

S —点光源; R —球面波曲率

实验上确定 m 数较困难, 为此将公式(2)微分便得到

$$\left(\frac{d}{2} \right)^2 / \lambda \Delta m = \frac{R \Delta z}{R \pm z} \mp \frac{Rz \Delta z}{(R \pm z)^2}$$

因为通常 $R \gg z$, 于是有

$$\left(\frac{d}{2} \right)^2 / \lambda \Delta m = \frac{R \Delta z}{R \pm z} \quad (4)$$

这意味着只要求出相邻两级之间的象距 Δz , 便可确定 R 。

二、实验布置及结果

实验布置如图2, He-Ne连续激光经1:100扩束望远镜扩束, 望远镜目镜可连续调节, 波面连续可调。实验步骤如下: 先将望远镜调成平行光, 由剪切干涉仪测出零场。然后在光束中加入 $\phi 3$ 毫米光阑, 插入衍射光栅(光栅周期 $d=0.1$ 毫米, 光栅面积

40×40 毫米²)。由安在一台可调平台上的测量显微镜分别调焦到不同级数 m 的光栅象面上, 读出象周期 d' , 结果列于表1。

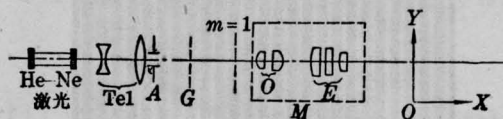


图2 实验布局

Tel—扩束望远镜, G —光栅,
 M —精密移动平台, A — $\phi 3$ 毫米光阑

表1 平行光照明光栅时的测量结果

象级数 m	1	2	3	4	5	6
象距光栅距离 z (毫米)	494	479	464	449	433.5	418
相邻两级象距 Δz (毫米)	15	15	15	15.5	15	
象周期 d' ($\times 0.01$ 毫米)	10.1	10	10.1	10.1	10.1	10.1

由公式(3)或(4)计算求出波面曲率 $R \sim 150$ 米, 即接近平行光。从该表看出, 在 R 很大情况下, 象周期 d' 与光栅周期相等, 且各级相邻象距相等。

实验之二, 球面波照明光栅。

在图2所示光路中, 分别插入 $f=4$ 米及 $f=2$ 米会聚透镜, 求出与会聚光实测焦点相应的 R 值, 然后由衍射成像方法测出 d' 与 z , 再从公式(3)与(4)算出 R , 结果列于表2。

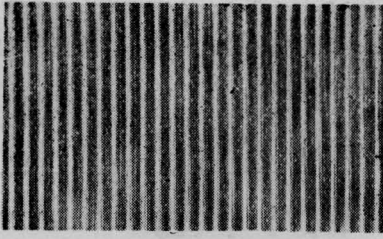
表2 实测焦点与衍射成像测量结果
比较波面曲率(米)

实测	2.0	4.0	7.0
衍射成像法	$d'=0.0962$ 毫米 $z=77.5$ 毫米 $R=2.04$ 米	$d'=0.095$ 毫米 $z=169$ 毫米 $R=3.82$ 米	$R=5.1$ 米
相对误差 $\Delta R/R$	2%	5%	27%

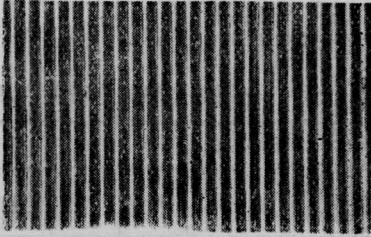
从表2可见, 在较小曲率半径 R 情况下测量精度高, 随 R 增大, 相对误差也大, 其主要原因是在大 R 情况下光栅象周期测量精度不够, 这时象周期变化不明显。

为了克服以上困难, 我们采用一已知短焦距透镜插入光路($f=2$ 米), 由衍射成像法求出波面曲率, 然后由牛顿公式反推。实验表明这是可行的。

衍射成像特点是: 随着成级数 m 的增加, 光栅



(a) $m=1$ 时的光栅衍射象



(b) $m=4$ 时的光栅衍射象

图 3

象线棱角度下降, 线棱变粗, 这在测量时必须注意, 例如当 m 大于 10 时, 已经出现线棱极不清晰的现象, 在测量时宜选 $m \sim 3 \sim 5$ 。图 3 中的照片 a 与 b 分别是 $m=1$ 与 $m=4$ 时的光栅象。 m 数增大象的线

棱变粗, 其原因是象的高频分量减少引起的。

三、可能的应用

为测量大孔径光束中某些局部区域的波面畸变, 我们进行了如下模拟实验: 安排一组相同焦距小透镜 ($f=4$ 米), 按“十”字形分布, 将大尺寸光束分别聚焦成许多细束并同时照明光栅, 当其中某个透镜更换焦距 f 时, 其象周期 d' 也随之改变, 于是通过测量截面上各点波面曲率, 然后从几何象差与波面象差关系求出局部波面畸变。

这种测量方法可推广到等离子体冕区的测量中, 例如将一束诊断光束通过等离子体然后照明光栅便可测量。

参 考 文 献

- [1] M. 波恩, E. 沃耳夫著, 杨葭荪等译;《光学原理》, 第八章, 科学出版社, 1978 年
- [2] D. E. Siva; *Appl. Opt.*, 1971, 10, No. 8, 1980.
(中国科学院上海光机所 陈时胜 竺庆春
袁柏春 1980 年 8 月 6 日收稿)

CO₂ 激光光声光谱仪的研制

Abstract: The structural features and performances of our opto-acoustic CO₂ laser spectrometer is reported. The opto-acoustic spectra of ethylene, ammonia and other gases are recorded with this apparatus by automatic scanning of CO₂ laser emission spectral range.

我们研制了一台 CO₂ 激光光声光谱仪, 并用其对某些气体如乙烯、氨等进行检测分析, 获得了 CO₂ 发射谱线范围内自动扫描的光声光谱图。下面就结构、性能等作一介绍。

原理及结构特点

气体样品的红外光声检测原理在过去的报导中已有详细论述^[1]。概括地说即在一个密闭的光声池中, 当气体样品受到一个调制的光照射后, 这一波长的光被样品吸收, 气体分子的热运动将增加, 这就表现为池内温度按着入射光的调制频率周期地波动, 其池内压力也随着周期性地胀缩, 用微音器接收此音频压力信号, 再经锁定放大器检出埋在噪声中的有用的光声信号, 即可得到样品的光声光谱图。

仪器的原理结构如图 1 所示, 其主要结构为:

(1) 光源: 采用外腔调谐的 CO₂ 激光器作光

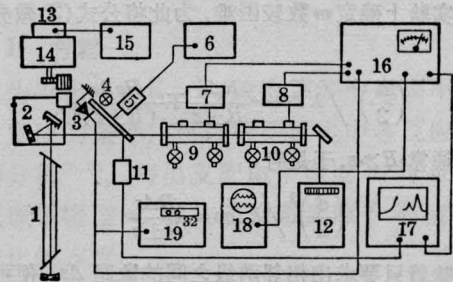


图 1 激光光声光谱仪原理结构图

- 1—CO₂ 激光器; 2—光栅转台; 3—硅光电池;
- 4—小灯泡; 5—步进电机; 6—晶体稳频切光器
- 电源; 7、8—光声池前置电路及衰减器; 9、10—
- 光声池 B、A; 11—功率计探头; 12—CO₂ 激光
- 谱线分析仪; 13—可逆电机; 14—变速箱; 15—
- 扫描电路控制器; 16—锁定放大器; 17—x、y 函
- 数记录仪; 18—双线示波器; 19—数字频率计