

频谱面定位的研究

叶柳

叶树钧

(安徽大学物理系, 合肥, 230039)

(安徽教育学院物理系, 合肥, 230061)

摘要: 本文应用傅里叶光学理论和散斑运动特性, 从理论和实验上解决了频谱面的定位问题。

关键词: 频谱面 散斑

Determination of location of optical spectrum plan

Ye Liu

(Department of Physics, Anhui University)

Ye Shujun

(Department of Physics, Anhui Educational College)

Abstract: According Fourier optical theory and speckle motion characters, the problem to found the location of a spectrum plan in a optical system has been investigated. The experiment results proved the theoretical analysis is correct. The method can be used in optical information processing system.

Key words: frequency plane speckle

小于 50ns, 即更接近于计算值。

激光器在前述的条件下, 当脉冲重复频率为 50pps 时, 得到单脉冲能量为 240mJ, 平均输出功率为 6W, 脉宽为 50ns 的输出。激光器稳定工作寿命达 10^5 次以上。

五、结 论

利用计算机数值模拟方法, 首次对在近大气压下的 TEA CO₂ 激光器倍压电路放电状态进行了计算, 获得了放电电压、放电电流、放电电阻、电子密度和 E/N 等放电状态参量的理论值。理论计算值和实验结果符合很好。其结果将有利于进一步改进激光器的放电过程。

参 考 文 献

- 1 Midorikawa K, Wakabayashi K, Nakamura K *et al.* J A P, 1982; 53(5): 3410
- 2 陈义红, 李万荣, 刘扬满 *et al.* 激光技术, 1987; 11(2): 30
- 3 张福泉. 应用激光联刊, 1982; (4): 32

作者简介: 李玲芝, 女, 1961 年出生。理学硕士。多年来从事激光技术及激光应用方面的工作。主要研究方向有: CO₂ 激光器, 光散射, 光纤应用等。

收稿日期: 1995-03-07 收到修改稿日期: 1995-06-06



一 引 言

频谱面的精确定位,在光信息处理研究中是一个十分重要的问题。在文献[1]中,Goodman 首先提出物体的傅里叶变换面(即频谱面)为透镜的后焦面。因此在光信息处理实验中,基本上采用的都是 4f 系统。为此本文通过理论分析以点光源照明,得出了物的频谱面位置就是点光源经透镜成象的位置,根据实验,可以对这一位置进行准确定位。

二、原 理

光路如图 1 所示, \$S_0\$ 为点光源, \$P_1\$ 为物面, \$P_i\$ 为观察面, \$L\$ 是透镜。为了运算方便,采用矢量坐标来表示各个面上点位置。设物体以恒定速度 \$v\$ 垂直轴运动。

则物面后的场分布为

$$u(\vec{x}) = E_0(\vec{x})f(\vec{x} - \vec{v}t) \tag{1}$$

式中, \$E_0(\vec{x})\$ 为光源在物面上的分布, \$f(\vec{x})\$ 为物分布。

观察面上的光场分布为

$$u(\vec{x}_i) = \int u(\vec{x})K(\vec{x}, \vec{x}_i)d\vec{x} \tag{2}$$

式中 \$K(\vec{x}, \vec{x}_i)\$ 为从物面上 \$\vec{x}\$ 点到观察面上 \$\vec{x}_i\$ 点的脉冲响应函数

对于如图 1 所示的系统,在菲涅耳衍射近似下,忽略光瞳函数的影响和常数因子,脉冲响应函数

$$K(\vec{x}, \vec{x}_i) = \int_{-\infty}^{\infty} \exp\{ik\frac{\vec{x} - \vec{\xi}}{2l_1} \cdot \frac{\vec{x} - \vec{\xi}}{2l_1} - ik\frac{\vec{\xi}}{2l_1} \cdot \frac{\vec{\xi}}{2l_1} - ik\frac{\vec{\xi} - \vec{x}_i}{2l_2} \cdot \frac{\vec{\xi} - \vec{x}_i}{2l_2} + ik\frac{\vec{x}_i - \vec{x}}{2l_2} \cdot \frac{\vec{x}_i - \vec{x}}{2l_2}\} d\vec{\xi} \tag{3}$$

式中, \$F\$ 为透镜的焦距, \$q = (1/l_1) + (1/l_2) - (1/F)\$

将(1),(3)式代入(2)式,忽略常数因子,化简可得

$$u(\vec{x}_i) = \exp\{ik\frac{\vec{x}_i^2}{2l_2} - \frac{\vec{x}_i^2}{2ql_2^2}\} \int f(\vec{x} - \vec{v}t) \exp\{ik\frac{1}{2}(\frac{1}{l_0} + \frac{1}{l_1} - \frac{1}{ql_1^2})\vec{x} \cdot \vec{x}_i - i2\pi\frac{\vec{x} \cdot \vec{x}_i}{\lambda ql_1 l_2}\} d\vec{x} \tag{4}$$

$$\text{当 } \frac{1}{l_0} + \frac{1}{l_1} + \frac{1}{ql_1^2} = 0, \text{ 化简即为 } \frac{1}{l_0 + l_1} + \frac{1}{l_2} = \frac{1}{F} \tag{5}$$

这时(4)式为物的傅里叶变换形式,这表明光源经透镜成象面恰好是物的频谱面。

根据傅里叶变换性质,(4)式为

$$u(\vec{x}_i) = \exp\{ik\frac{\vec{x}_i^2}{2l_2} - \frac{\vec{x}_i^2}{2ql_2^2}\} \frac{1}{\lambda ql_1 l_2} \exp\{i2\pi\frac{\vec{v}t \cdot \vec{x}_i}{\lambda ql_1 l_2}\} \tag{6}$$

由于人眼感知的只是光强分布,因此观察面上光强分布为

$$I(\vec{x}_i) = |u(\vec{x}_i)|^2 = \frac{1}{\lambda^2 ql_1^2 l_2^2} \tag{7}$$

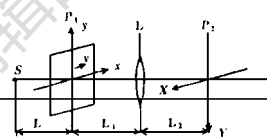


Fig. 1 Optical system

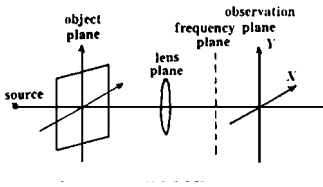


Fig. 2 Optical system

只要光源到透镜的距离一定, 前后移动物体, 即改变 l_1 时, 由(5)式可知物的频谱面位置不变。

如果采用单色平面波照明, 相当于光源位于无穷远, 这时由(5)式可知 $l_2 = F$, 即物的频谱面为透镜的后焦点。

现在我们假设观察面的位置不满足(5)式, 而在物的频谱面后距离为 z 的位置, 如图2。

由菲涅耳衍射近似和傅里叶逆变换可得

$$u(\vec{x}_i') = \int u(\vec{x}_i) \exp \left\{ ik \left[\frac{1}{2z} |\vec{x}_i + \vec{x}_i'|^2 - \frac{1}{2z} |\vec{x}_i|^2 - \frac{1}{2z} |\vec{x}_i'|^2 \right] \right\} d\vec{x}_i$$

式中, $M = z / (ql_1l_2)$,

$$h - \frac{\vec{x}_i'}{\lambda} = \mathcal{F} \exp \left\{ ik \left[\frac{1}{2l_2} - \frac{1}{2ql_2^2} + \frac{1}{2z} \right] |\vec{x}_i|^2 \right\}$$

则光强分布为

$$I(\vec{x}_i') = \left| f - \frac{\vec{x}_i' + M\vec{v}t}{M} * h - \frac{\vec{x}_i'}{\lambda} \right|^2$$

同理可得, 当观察面位于物的频谱面之前 z 位置时, 光强分布为

$$I(\vec{x}_i'') = \left| f(\vec{x}_i'' - \vec{M}vt) / M * h'[\vec{x}_i'' / (\lambda)] \right|^2$$

由此可知, 只有当观察面位于频谱面或光源的成象面上时, 其光强分布与物体运动状况无关。

三、实验方法

单色点光源照射运动的散射体, 在观察面上会产生平移和沸腾两种散斑运动状态^[2]。由统计理论可得出观察面上散斑的平移速度为^[3]

$$v_s = \frac{1}{1 + (l_1/\rho)} \left[\frac{l_2}{F} - 1 - \frac{l_2}{\rho} \right] \vec{v}$$

因此, 当 $v_s = 0$ 时, $(1/l_2) + [1/(l_1 + \rho)] = 1/F$

这就是说光源经透镜的成象面为观察面上散斑静止(或散斑沸腾)面。

根据这个现象, 我们采用下面实验来确定频谱面位置如图3。

M_1, M_2 为反射镜, 激光经 L_0 扩束后照射在物面为毛玻璃的圆筒上, 在接收屏上通过测微目镜观察散斑运动情况。沿轴前后移动观察面。当观察面上的散斑静止时, 观察面的位置即为物的频谱面位置, 这时在光源与透镜 L 之间任何位置放一物体, 其频谱面位置不变。在此位置前后, 散斑的平移运动方向相反, 由此我们可以准确地确定频谱面的位置。

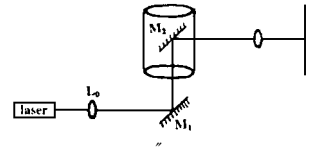


Fig. 3 Experiment setup for locating of spectrum plan

参 考 文 献

- 1 Goodman J W 著, 詹达三, 董经武 *et al* 译. 傅里叶光学导论. 北京: 科学出版社, 1976; 88~100
- 2 Asakura T, Takai N. Appl Phys, 1981; B25: 179~ 194
- 3 Yoshimura T. J O S A (A), 1986; 7: 1032~ 1043

作者简介: 叶柳, 女, 1964年4月出生。硕士。从事教学科研工作, 主要研究光信息处理。