

获取大范围均匀散射狭缝光场的新方法

金清理

(温州师范学院物理系, 温州, 325003)

摘要: 提出采用简单器件, 将高斯分布光场经再扩展, 获得大范围均匀的理想光场的方法; 设计了对高斯分布光场再扩展光路, 并提高散射光场光能的利用率, 取得良好的实验效果。

关键词: 散射狭缝光场 再扩展 大范围 均匀性

A new method of obtaining large-range homogeneity of a large scattering slit field

Jin Qingli

(Department of Physics, Wenzhou Normal College, Wenzhou, 325003)

Abstract: A improved method using simple instrument to expand Gaussian distribution light field and get large-range homogeneous ideal light field was presented. An optical setup used to expand Gaussian distribution light field was designed to improve the utilization ratio of light energy and satisfactory experimental results were obtained.

Key words: scattering slit light field re-expanding large range homogeneity

达到约等于 2 的光密度; (3) 采用反转漂白剂以获得高信噪比, 采用 Ferrie-EDTA 或 PBU 型再用卤化漂白剂以获得高衍射效率; (4) 仔细清洗并缓慢风干; (5) 用记录波长再现全息图。详细介绍请参看有关文献[9], 国内在这方面也作过不少工作, 但多属跟踪性质的工作^[10~12], 带机理性和原理探索性的工作, 还需进一步地去做。

参 考 文 献

- 1 弗郎松 M. 光学(像的形成和处理). 北京: 科学出版社, 1979: 54~ 55
- 2 李荫远. 非线性光学. 北京: 科学出版社, 1974: 131
- 3 杨齐民, 张文碧, 钟丽云 *et al.* 光子学报, 1996; 25(11): 997~ 1002
- 4 于美文. 光学全息及信息处理. 北京: 国防工业出版社, 1984: 98
- 5 董孝义. 光波电子学. 天津: 南开大学出版社, 1987: 398~ 400
- 6 于美文. 全息显示技术. 北京: 科学出版社, 1989: 76~ 82
- 7 杨齐民, 张文碧, 钟丽云 *et al.* 光电子·激光, 1996; 7(2): 89
- 8 杨齐民, 张文碧, 钟丽云 *et al.* 光子学报, 1995; 24(5): 464~ 467
- 9 熊秉衡, 王正荣, 张永安 *et al.* 光学技术, 1996; (4): 7~ 11
- 10 吕晓旭, 施 英, 熊秉衡 *et al.* 光子学报, 1998; 27(1): 50~ 55
- 11 熊秉衡, 张永安, 王正荣 *et al.* 光子学报, 1997; 26(17): 950~ 955
- 12 宫爱玲, 张文碧, 钟丽云 *et al.* 激光杂志, 1997; 18(6): 36

作者简介: 钟丽云, 女, 1968 年出生。教授。主要从事激光全息和光电检查方面的研究工作。

引 言

记录大视角、高亮度的彩虹全息标识,是将激光扩束后通过狭缝和散射屏,形成散射狭缝光场进行记录。但扩束后的光强呈高斯分布,直接用于制作大视角全息图时,边缘光强对物像的照射很弱,影响了大视场的记录。

最近文献[1]提出利用中心光能分割重新叠合的方法,使光场均匀范围扩大。经试验操作有困难,一是分割镜的连接缝粘合有困难;二是角度与方位调节有困难,影响推广应用。

我们针对大范围散射狭缝光场的均匀性和光能的利用率进行分析,提出采用柱型棒(如玻璃棒)简单器件设计光路而达到较均匀分布,获得良好的实验效果。

1 光路设计的可行性分析

光路设计的俯视图如图 1,激光束经 O_1 柱型棒聚焦扩展后, O_2 柱型棒将光场进行第二次再扩展,把光能转移到边缘,使其达到较均匀地照射到毛玻璃屏 G 上。获得在全息干版 H 上记录大视角彩虹标识 T 的散射均匀狭缝光场。

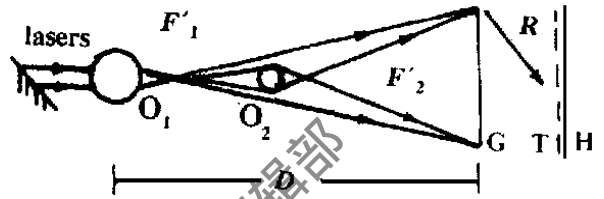


Fig. 1 Optical system of the two expanded overlapping optical field

为保障光路的可行性,设 O_1 半径为 r_1 , O_1 到 G 屏距离为 D , 狭缝光场宽度(即 G 处光场宽度)为 t 。因激光束可视为平行光,根据球面折射^[2]有:

$$s_{12}' = (2n - n') \sqrt{nr_1 / (2n'n - 2n^2)} \quad (1)$$

式中, s_{12}' 为 O_1 后球面顶点到聚焦点 F_1' 的距离, n' 为 O_1 棒的折射率, n 为空气的折射率,若取 $n' = 1.5, n = 1.0$, 则 $s_{12}' = r_1/2$ 。激光光束经 O_1 折射在此聚焦后再扩展照射到 G 屏。G 屏上光场的宽度由 r_1 和 D 决定,目前所用全息干版尺寸为: $240\text{mm} \times 90\text{mm}$, 最大宽度 $t = 240\text{mm}$, 若 $D = 300\text{mm}$, 而激光基模光斑半径^[3]:

$$\omega(z) = \omega_0 \sqrt{1 + z^2/f^2} \quad (2)$$

采用腔长 1m 的 He-Ne 激光器, O_1 离腔镜面 0.6m 处, 则激光束光斑直径为 1mm, 由图 1 几何关系:

$$\omega(z)/s_{12}' = t/(D - s_{12}') \approx t/D \quad (3)$$

将(1)式,(2)式结果和 t, D 的值代入(3)式: $2/r_1 = 240/300$, 得 $r_1 = 2.5\text{mm}$, 因基模激光束强度分布为高斯型, 经 O_1 扩展后光强仍为高斯分布, 仅把光斑从 1mm 扩展成 240mm 宽度, 而光的总能量保持不变, 其光强分布曲线如图 2 中的 Q 。 O_2 将 Q 光场大于其中心 $1/3$ 强度的中间部分进行第二次再扩展(即中心 $2t/3$ 宽度), 把中心光能转移到边缘, 因扩展后其能量保持不变, 经 O_2 扩展后中心强度为 $I' = 2I/3$, 分布曲线如图 2 的 Q' 。

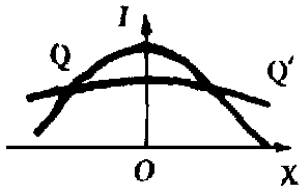


Fig. 2 The intensity distribution of the O_1 expanded field Q and the O_2 re-expanded overlapping field Q'

根据要求 O_2 的角放大率^[2]为 $\gamma = -3/2$, 设 O_2 半径为 r_2 , O_1 的聚焦点 F_1' 到 O_2 第一球面顶点距离为 s_{21} , O_2 的第二球面

顶点到其聚焦点 F_2' 距离为 s_{22}' , 光路可行性应取 $r_2 \leq r_1$ 为宜, 若取 $r_2 = 1.5\text{mm}$, 由图 1 知: $2r_2/(s_{21} + r_2) = -(2t/3)/[D - (3r_1/2)]$, 解得: $s_{21} = -4.0\text{mm}$, 再代入球面折射公式得: $s_{22}' = 2.3\text{mm}$, O_2 的横向放大率^[2] $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \approx -2/3$, 而 $\gamma = 1/\beta = -3/2$, 与我们的要求相一

致。

O_2 仅扩展中心部分光束, 这部分光束经扩展后与 O_1 扩展的边缘部分光场叠加, 两部分光束为相干光, 在 G 屏上将产生干涉条纹。但实际上干涉条纹间距 $d = \lambda / 2 \sin(\theta/2)$ 为微米量级 (θ 为两重叠光束间夹角), 这些条纹间距对人眼是难辨的, 即使考虑相干引起的光强重新分布, 使用时再经 G 屏散射总体效果与图 2 的 Q' 完全一样, 不影响方法的实用性。

2 实验结果与讨论

利用图 1 所示的柱型棒扩展系统, 取 $r_1 = 2.5\text{mm}$, $r_2 = 1.5\text{mm}$ 的玻璃棒, $D = 300\text{mm}$, $s_{21} = -4.05\text{mm}$ 等布置光路。在 G 屏处用图 3 装置(用电阻分流衰减 15 倍) 每隔 2mm 为测量点自左向右对光强进行测定, 结果如表 1。I-X 分布曲线如图 4 所示, 与图 2 的 Q' 相符。经 O_1 和 O_2 两次扩展叠合, 散射狭缝光场达到较理想的均匀分布, 满足实验的要求。

Table 1 The measurement values of light intensity overlapping

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 12.5 | 12.7 | 13.0 | 13.1 | 13.2 | 13.2 | 13.3 | 13.3 | 13.5 | 13.6 | 13.7 | 13.7 | 13.9 | 14.0 | 14.1 | 14.1 | 14.2 | 14.2 | 14.3 | 14.4 | 14.4 |
| 14.5 | 14.6 | 14.7 | 14.7 | 14.8 | 14.9 | 14.9 | 15.0 | 15.1 | 15.2 | 15.3 | 15.4 | 15.4 | 15.6 | 15.6 | 15.7 | 15.7 | 15.8 | 15.9 | 15.9 | 15.9 |
| 16.0 | 16.0 | 16.1 | 16.1 | 16.2 | 16.2 | 16.3 | 16.3 | 16.5 | 16.4 | 16.5 | 16.5 | 16.6 | 16.7 | 16.6 | 16.8 | 16.8 | 16.9 | 16.9 | 17.0 | 17.0 |
| 17.0 | 17.0 | 17.0 | 17.0 | 16.9 | 16.8 | 16.8 | 16.7 | 16.7 | 16.6 | 16.6 | 16.5 | 16.4 | 16.4 | 16.3 | 16.2 | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 15.9 |
| 15.9 | 15.8 | 15.7 | 15.7 | 15.6 | 15.6 | 15.5 | 15.3 | 15.3 | 15.3 | 15.2 | 15.2 | 15.0 | 15.0 | 14.9 | 14.7 | 14.7 | 14.6 | 14.5 | 14.4 | 14.4 |
| 14.3 | 14.2 | 14.1 | 14.1 | 14.0 | 13.9 | 13.9 | 13.8 | 13.7 | 13.7 | 13.6 | 13.5 | 13.5 | 13.4 | 13.2 | 13.2 | 13.0 | 12.8 | 12.5 | 12.3 | 12.3 |

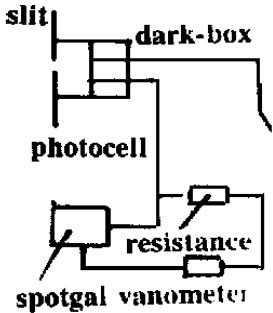


Fig. 3 Diagram of the measurement device for intensity distribution
1—slit 2—photocell 3—dark-box 4—spotgal-vanometer 5—resistance

此法的优点在于器件简单, 调节方便, 柱型棒只要折射率是各向同性的即可。光场宽度可根据实际需要设计, 选择不同的 r_1, r_2 和 D 值, 实现不同宽度的散射狭缝均匀光场。并且充分地提高了光能的利用率, 几乎没有光能“浪费”, 同时由于狭缝光场对标识均匀地照射, 记录时没有视角的损失, 有一定的推广应用价值。

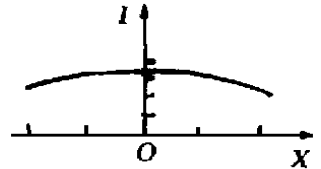


Fig. 4 The intensity distribution curve the after second expanded overlapping field A unit X axis is 60mm and I axis intensity of light is 5

参 考 文 献

- 1 Wang Sh F, Liu Y. 中国激光, 1998; A25(9): 822~ 824
- 2 母国光, 战元令. 光学. 北京: 人民教育出版社, 1978: 40~ 54
- 3 周炳琨, 高以智, 陈家桢 *et al.* 激光原理. 北京: 国防工业出版社, 1995: 53

作者简介: 金清理, 男, 1956 年 8 月出生。实验师。