

散射狭缝光场大范围均匀性研究

王仕 刘 艺

(电子科技大学应用物理系 成都 610054)

提要 提出将高斯分布的光场从中心分割为两个对称的光场, 再将两个光场匹配叠合, 从而获得大范围均匀的光场; 利用普通的反射器件, 设计了对高斯光场分割叠合的光路, 并可提高散射光场的光能利用率, 获得更良好的记录效果。实验结果令人满意。

关键词 散射狭缝光场, 高斯光束, 大范围, 均匀性

1 引 言

将激光扩束后通过狭缝和散射屏, 可以形成散射狭缝光场, 方便地记录大视角、高亮度的彩虹全息标识^[1]。但激光器产生的是高斯模的非均匀光束, 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。

现在的解决方法^[2], 一是只选用扩束光场中心较均匀的部分进行全息记录, 这样获得的光场均匀范围较小, 光能利用率有限; 二是利用位相片对光束截面上的光强进行重新分布, 使光场中心光强和边缘的相同或接近, 这种方法可使光场均匀范围较大, 但相应的光能利用率较低; 还有利用二元光学器件对光束进行衍射和重组, 使光强均匀度和光能利用率都很好, 但器件昂贵, 不易制作, 在实用上还有相应的难度。

本文主要针对散射狭缝光大范围的均匀性进行分析和讨论, 利用简单的平面反射光学器件和光路设计, 获得了良好的实验效果。方法的要点是将图 1 (a) 所示的高斯光场从中心光强最大处对称地分为两个光场 O_1 和 O_2 , 将 O 的光强最大处从中心转移到边缘, 并各自与另一光强较弱处叠合(如图 1(b)), 以实现光强较均匀的分布 O' 。

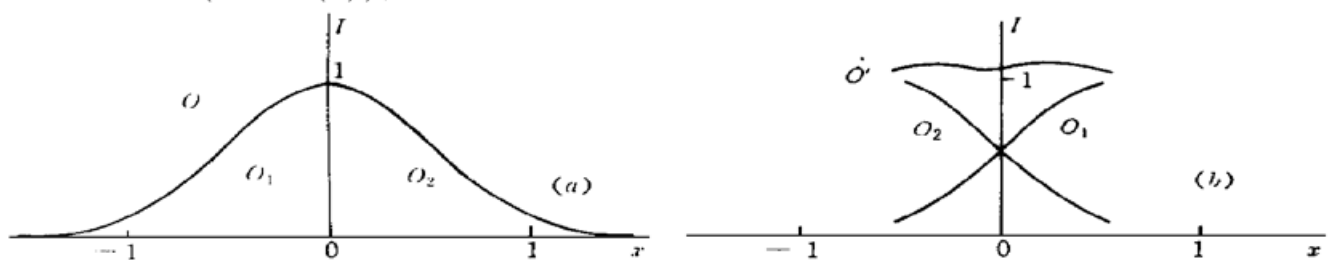


图 1 高斯光场 (a) 和叠合光场 (b) 的强度分布

Fig. 1 The intensity distribution of the Gaussian field (a) and the overlapping field (b)

2 光路设计及分析

散射狭缝光与通常的平行光相比,最大的不同在于它产生的是经过散射屏的散射光场,只要入射到散射屏面上的大范围的光场强度是均匀的,散射光场就容易均匀。

设计的光路如图 2。照明激光经柱面镜扩束后,形成线状光源 O ; O 被对称相向的平面镜 M_1 和 M_2 从光轴正中反射分为光束 O_1 和 O_2 ,再经平面镜 M_3 和 M_4 对称反射后,照射到毛玻璃 G 上,获得在全息干版 H 上记录大视角彩虹标识 T 的散射的狭缝光。

从图 2 可以看到,经过 M_1 和 M_2 对光束 O 的分割和 M_3 和 M_4 对光束 O_1 和 O_2 的反射,光束 O 中光强最强的中心部分,在毛玻璃 G 面上已经转移到边缘,并与另一路光束较弱的部分叠合。适当调节 M_3 和 M_4 的反射角,叠合的光场即可获得如图 1(b) 所示的均匀效果。

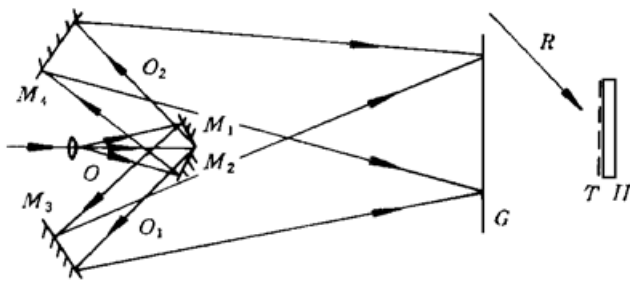


图 2 分割叠合光场的光路系统

Fig. 2 Optical system of the overlapping light field

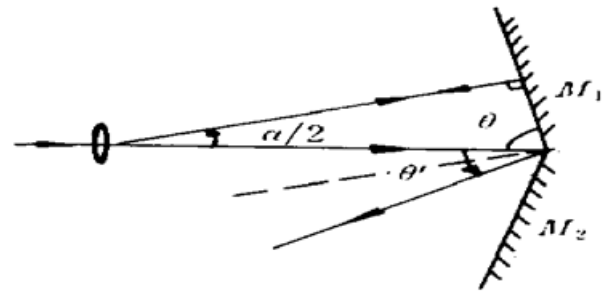


图 3 入射光束的反射

Fig. 3 Reflection of the illumination light

为保障光路的可行性(如图 3), M_1 和 M_2 反射的 O_1 和 O_2 间应该互不阻挡,这主要由中心入射光束的反射决定。设 M_1 和 M_2 与入射光束(即光轴)的夹角为 θ ,则由中心光束的反射光线与光轴夹角 θ' 为

$$\theta' = (\pi/2 - \theta) \times 2 \leq \theta$$

解得

$$\theta \geq 60^\circ$$

因此, M_1 对 O_2 , M_2 对 O_1 间互不阻挡是容易实现的。同时,为使 M_1 和 M_2 反射后的光束能完全被 M_3 和 M_4 接收,若入射光的发散角为 α ,则光路布置应选择

$$\alpha/2 + \theta \leq 90^\circ$$

解得

$$\alpha \leq 60^\circ$$

上述光束的发散角对于一般的扩束镜是容易达到的;适当调节 M_3 和 M_4 的位置和角度, O_1 和 O_2 经 M_3 和 M_4 反射后,也可以不被 M_1 和 M_2 阻挡。因此光路是充分可行的。

顺便指出,由于方法是采用分波前法,光束 O_1 和 O_2 是相干的,在 G 面上的叠合似乎将产生明显的干涉条纹,但实际上,记录使用的激光波长比微米量级还小,以平行光入射考虑,叠合光束 O_1 和 O_2 在 G 面上的干涉条纹间距为

$$d = \lambda/2\sin(\beta/2)$$

式中 β 为光束夹角。这个干涉条纹的密度在实验中的 β 角下对人眼是难以分辨的。即使再考虑相干引起的光强重新分布,光强在人眼可分辨范围的平均效果也和图 1(b) 是类似的。因此这个因素并不影响方法的实用。

另一方面,受毛玻璃粗糙度等因素的影响,照明光束经毛玻璃散射后,散射光在照射光的方向光强最强,偏离照明光方向越大,光强越小。如果直接用扩束狭缝光照明毛玻璃,光束由光

轴发散, 光束边缘对标识的散射光相对中心部分将较弱, 使光场实际光能利用率下降, 不利于标识的大视角记录。而在如图 2 的光路中, 照射到 G 面上的光束是会聚向光轴的, 重组的照明光场经毛玻璃散射后, 对标识的照明更均匀, 光能利用率也更高。在此基础上, 用长的狭缝记录大视角全息标识时, 还可以通过调节两束照明光入射角度和叠合度, 使标识处观察到的散射光场边缘部分与中心部分在标识处亮度基本相同, 从而使彩虹全息标识再现时, 物像沿狭缝像观察有均匀的观察范围和亮度。

3 实验结果

利用如图 2 的相向平面镜系统, 我们叠合了激光束经柱面镜扩展后长直狭缝高斯光场。与散射屏距 50 cm, 从光轴处拍摄的叠合前散射狭缝光场强度如图 4(a) 所示, 中心光强与边缘光强相差很大; 叠合后的狭缝散射场如图 4(b) 所示, 光场的均匀度获得了明显的改善。实验获得了满意的结果。

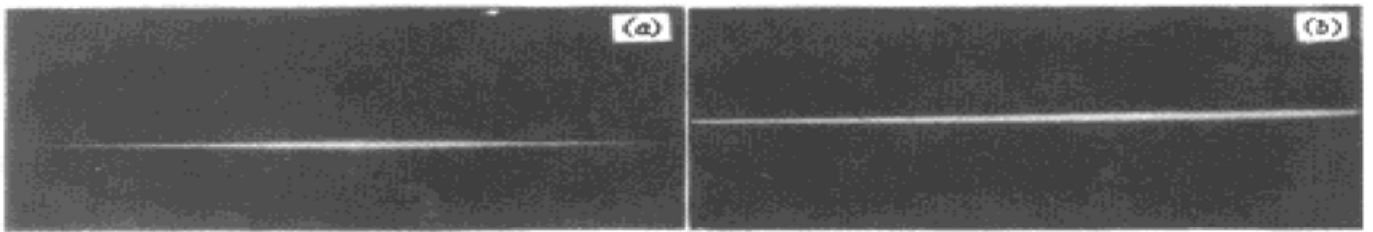


图 4 光场叠合前 (a) 和叠合后 (b) 在标识处的散射记录

Fig. 4 The scattering light before overlapping (a) and after overlapping (b)

参 考 文 献

- 1 Wang Shifan, Liu Yi. Recording 2D marking rainbow hologram with multi-effects. *Journal of UEST of China* (电子科技大学学报), 1997, **26**(6) (Sup.): 138~ 142 (in Chinese)
- 2 Zhu Ziqiang, Wang Shifan, Su Xianyu. *Manual of Contemporary Optics*. Chengdu: Sichuan University Press. 1990. 166~ 167 (in Chinese)

Study of Large-range Homogeneity of a Large Scattering Slit Field

Wang Shifan Liu Yi

(Department of Applied Physics, University Of Electronic Science & Technology of China, Chengdu 610054)

Abstract The large-range homogeneous field of a large scattering slit can be used to make marking's large-viewing rainbow hologram. Cutting the Gaussian field into two symmetrical light fields and overlapping them in a frosted glass, thereby the large-range homogeneous field is obtained. The optical system using the general reflection devices is presented and analysed. The new optical setup can obtain more homogeneous brightness in the large-range field. The satisfactory experimental results have been obtained.

Key words scattering slit field, Gaussian beam, large-range, homogeneity