

用深紫外光刻波带片制作全息透镜阵列和椭圆波带片

明海 伍永安 谢建平
(中国科技大学物理系, 230026)

摘要: 本文报道用电子束扫描和深紫外曝光获得的离子刻蚀波带片的一级衍射波和二级衍射波干涉, 分别在银盐干板和光致抗蚀剂上制作平面全息透镜阵列和椭圆波带片, 并给出用它们聚焦和成像的实验结果。

关键词: 全息透镜, 椭圆波带片

Holographic lens array and elliptical zone plate fabricated by deep UV lithography zone plate

Ming Hai, Wu Yongan, Xie Jianping
(China University of Science and Technology, Hefei)

Abstract: Holographic lens arrays and elliptical zone plates are fabricated on holographic plate and photoresist by using interference of the 1st order diffraction and the 2nd order diffraction beams from ion etching Fresnel zone plate obtained by electronic beam scanning and deep ultraviolet lithography techniques. The experimental results of focusing and images produced are given.

Key words: holographic lens, elliptical zone plate

本文介绍利用电子束扫描和深紫外曝光获得的高质量离子刻蚀费涅尔波带片^[1]的一级衍射波与二级衍射波干涉, 来制作平面全息透镜阵列的方法。实验光路如图1所示, 取波带片的一级衍射波和二级衍射波相交的平面与轴线的交点 o 为原点, x 为感光材料平面与原点 o 的距离, 则复制的全息波带片的焦距 f' 与原波带片焦距 f 的关系由下式决定:

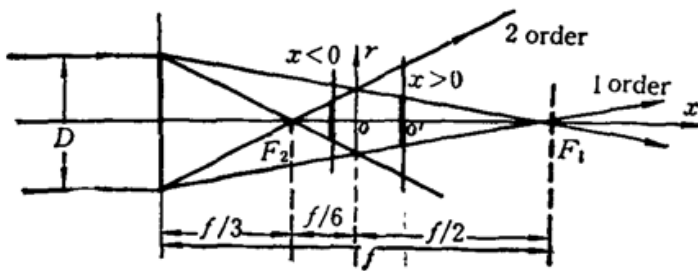


Fig. 1 Optical configuration for the experiment

定:

$$f' = 3\left(\frac{f}{6} + x\right)\left(\frac{f}{2} - x\right) / 2f \quad (1)$$

这种方法对调整所制的全息透镜的焦距、直径和相对孔径具有较大的灵活性, 特别适用于制作

焦距短、数值孔径大的光束耦合元件。通过二维调节架平移感光板的位置,即可获得平面全息透镜阵列。由于微型波带片的最小波带线宽是微米和亚微米量级,故采用电子束扫描、深紫外光刻获得的高质量波带片为母片来制作全息透镜阵列。

在图 1 的光路中,如果取波带片的一级衍射波的会聚点 F_1 和二级衍射波的会聚点 F_2 连线的中点 o' 放置感光干板,以过 o' 点垂直于图面的直线为轴,旋转感光干板一个微小角度 θ ,即可得到短半轴 a 由 θ 决定的标准椭圆波带片。利用这种微型椭圆波带片可以直接改善半导体激光束的会聚特性,这一功能将在微小光路的聚焦、耦合等方面发挥作用。

实验中我们采用的电子束扫描和深紫外光刻获得的离子刻蚀波带片的片基厚度为 0.02 mm , 直径为 3 mm , 焦距(f)为 10 mm ($\lambda = 0.63\text{ }\mu\text{m}$), 波带数为 200 个, 最小线宽为 $7.5\text{ }\mu\text{m}$, 数值孔径为 0.15, 分辨率约为 400 线/mm。图 2(a) 是用电子束扫描、深紫外光刻制作的离子刻蚀波带通过干涉显微镜拍摄的照片。从照片可以看出波带片图形规则, 刻线锐, 精度高。图 2(b) 是由衍射波干涉在银盐干板上制成正弦波带片, 经漂白处理后通过显微镜拍摄的照片, 由于制作全息透镜的非涅尔波带母片质量高, 所以再制的全息透镜的图形也很规整。采用 AZ-1350 型光致抗蚀剂作记录材料时, 曝光以 $\text{Ar}^+457.9\text{ nm}$ 谱线为光源, 制得的全息透镜收缩变形小, 衍射效率高, 但成本比银盐干板高。

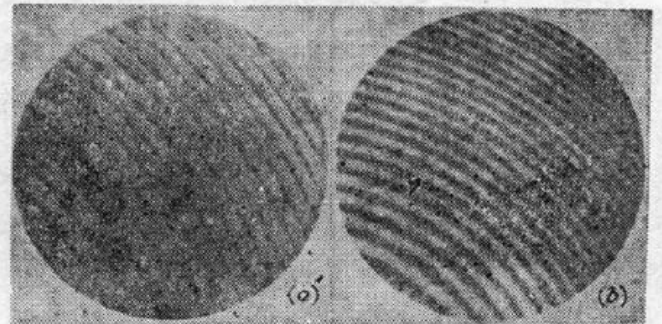


Fig. 2 (a) pattern of UV lithography zone plate; (b) zone pattern of reproduced holographic lens

图 3 是用研制的 5×5 的平面全息透镜阵列对一束准直 He-Ne 激光的聚焦照片。其中每个单元透镜的直径为 1.25 mm , 焦距为 1.40 mm , 衍射效率为 20% 左右, 阵列密度为 $20\text{ 个}/\text{cm}^2$ 。实验中我们还用这种全息透镜阵列把一束 He-Ne 激光同时耦合进多根光纤中, 由于每个全息透镜的焦点小, 数值孔径大, 该透镜阵列具有较好的分束和耦合效果。用上述方法研制的全息透镜阵列与小孔阵列成像^[2]相比对光波具有更好的会聚作用和分辨率; 比用频率平面滤波器、傅里叶变换全息图成多像的方法^[3,4]直接和简单; 与自聚焦透镜阵列相比更具有平面性和容易制作的特点。

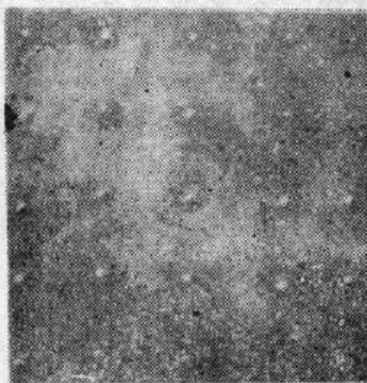


Fig. 3 Spots focused by a 5×5 holographic micro-lens array

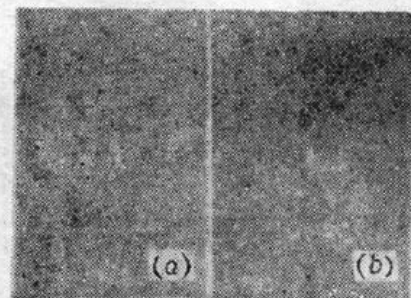


Fig. 4 (a) image focused by elliptical zone plate with collimated He-Ne laser illumination; (b) image focused by elliptical zone plate with semiconductor laser illumination

图 4(a)、(b)分别为研制的椭圆波带片对准直的 He-Ne 激光聚焦和 TOLD100 型半导体激光器($\lambda=780\text{ nm}$)的发散光会聚的照片(采用 Agfa 10 E 75 型全息干板进行拍摄)。从中可看出用平行光照射该椭圆波带片的焦斑是一个扁椭圆,而水平方向发散角为 19° ,垂直于 PN 结方向发散角为 28° 的半导体激光束被改善了会聚特性。

作者感谢小馆香椎子教授和傅绍钧同志在实验上给予的帮助和支持。

参 考 文 献

- 1 神谷武志,小馆香椎子,应用物理(日),**53**(8),714(1984)
- 2 P. A. Newmann *et al.*, *Appl. Opt.*, **5**, 1225 (1966)
- 3 A. Kalestynski *et al.*, *Appl. Opt.*, **16**, 2261 (1977)
- 4 A. Senthil Kumar *et al.*, *Opt. Commun.*, **66**(1), 6 (1988)

普通石英光纤和掺稀土离子石英光纤中的倍频现象

最近,我们在经过激光预处理的普通 $\text{GeO}_2\text{-SiO}_2$ 基质的石英光纤和掺稀土离子 Er^{3+} 、 $\text{Er}^{3+}\text{-Yb}^{3+}$ 和 Nd^{3+} 的 $\text{GeO}_2\text{-SiO}_2$ 基质石英光纤中发现高效率的倍频现象。

实验中用于预处理的是锁模调 Q 准连续 $1.06\ \mu\text{m}$ YAG 激光和通过 KTP 晶体或高效倍频光纤产生的 $0.53\ \mu\text{m}$ 种子激光。光纤长度从几十厘米至几十米。我们采用两种激光预处理方法分别处理上述四种光纤:(1) $1.06\ \mu\text{m}$ 激光和 $0.53\ \mu\text{m}$ 种子激光一起耦合进光纤,照射数分钟;(2) 只有 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光耦合进光纤,并连续照射数小时。然后把 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光耦合进光纤,发现用两种激光预处理方法分别处理的上述四种光纤均有较高效率的倍频现象。有 $0.53\ \mu\text{m}$ 种子激光处理的倍频效率为千分之几,无 $0.53\ \mu\text{m}$ 种子激光处理的倍频效率为百分之几,最高达百分之四。用单调 Q 脉宽 $250\ \text{ns}$ 的 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光耦合进光纤,测得 $0.53\ \mu\text{m}$ 倍频光的脉宽为基频光波的 0.7 倍。在低峰值功率的 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光耦合进光纤的情况下,光纤产生的 $0.53\ \mu\text{m}$ 倍频光的峰值功率随 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光峰值功率的平方变化。在高峰值功率 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光的情况下,倍频光峰值功率也很高,光纤中将产生其它非线性效应,倍频光不再是按平方律关系变化,并也将限制倍频效率的提高。进一步的实验研究工作正在进行之中。

(上海交通大学应用物理系 华一敏 李 劬 陈英礼 陈益新 1991 年 1 月 3 日收稿)

我国制成新型万瓦 CO_2 激光器

中国科学院上海光机所制成一种新式万瓦横流 CO_2 激光器,器件总体尺寸为 $2\times 2\times 2.5\ \text{m}^3$ 。根据由科学院组织的专家鉴定小组对该激光器系统进行的测试结果,该激光器的输出水平是:多模运转时输出功率大于 1 万瓦,电光转换效率 14%;低阶模运转时输出功率 6 千瓦,电光转换效率 8.3%,光束发散角(全角) $2.2\ \text{mrad}$ 。

与国际上现有的同类激光器系统不相同,该激光器系统采用了密封运行技术,一次充气连续运转 8 小时不需要从外界补充工作气体,输出功率还能够维持高于 1 万瓦的水平。这样既简化了工作的手续,也降低了器件的运行费用;驱动工作气体流动的风机系统采用 50 Hz 工频供电系统,让使用者使用更方便,也降低了运转时的噪声水平;采用重复脉冲预电离双放电通道技术,保证了激光器在大的放电体积内获得均匀稳定放电,提高了激光器输出功率水平和光束方向性。专家们认为,这些技术处于国际先进水平。

(纪 钟)