

用空间滤波器改善光管式光学 均匀器的性能

严琪华 鄢雨 邹海兴 路敦武

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

朱文菊

(上海机械学院, 上海 200093)

提 要

本文报道了一种用空间滤波改善光管式光学均匀性的技术, 该技术使用空间滤波器滤除入射光束中光场突变部分, 提高了光管式光学均匀器的均匀性能

关键词 均匀器, 空间滤波器

1 引 言

在很多实际应用中, 人们对照明光场均匀性提出了很高的要求. 如在用于大规模集成电路制造的光刻设备中, 掩模和硅片的光场照明均匀性要求小于 $\pm 2\%$. 而一般光源均匀性不能满足这一要求, 因此人们研究开发了多种光学均匀器, 如蜂窝透镜^[1]、非球面透镜组^[2]、四楔棱镜^[3]、楔形反射镜管^[4,5]和光管式光学均匀器^[1,6]. 其中光管式光学均匀器具有结构简单造价低廉和易于装调等优点, 对入射光束光场无突变的情况, 均匀效果较理想, 所以得到广泛应用. 但对入射光束光场局部有突变的情况, 由于均匀叠加不能同时消除局部突变, 所以将使得被照明面出现局部不均匀. 为了消除光管式光学均匀器的这一不足, 本文研究了用空间滤波的方法来改善光管式光学均匀器的性能.

2 原理分析

光管式光学均匀器的工作原理如图1所示. 激光束经扩束镜扩束后, 通过准直透镜和聚焦透镜聚焦于光管式均匀器的入口中心处, 然后经过均匀器内壁反射转折, 使得不均匀的入射光束分割成若干小区, 最后在均匀器出口处散开叠加而达到均匀, 这一均匀的出口通过一成像物镜成像于被照明面, 从而使被照明面均匀照明. 设成像物镜置于距均匀器出口 $2f$ 处, 这样使得均匀器的出口 $1:1$ 成像于照明面. 由于均匀器的反射转折, 入射光束被分成若干小区域, 对成像物镜而言, 这些小区域等效于发光孔径不等, 位于均匀器入口的若干点光源(如图1中 S_0, S_1 等)发出的, 这样相应于各小区域在成像物镜的像方对应位置都有一相应的像点(如图1中的

P_0, P_1 等), 这些像点的间距及像点面的轴向位置与均匀器的尺寸和成像物镜的焦距有关(在后面将作具体推导). 像点面上每个像点均代表入射光束的一个区域, 也是被照明面参加叠加均匀的一部分. 利用空间滤波器置于像点面, 每次只让一个像点通过(如 P_1), 这时, 在照明面就可以监测到该像点所代表的一个区域有无突变, 再在实际应用时, 用滤波器将该部分滤除或保留, 从而达到消除突变提高均匀器性能的目的.

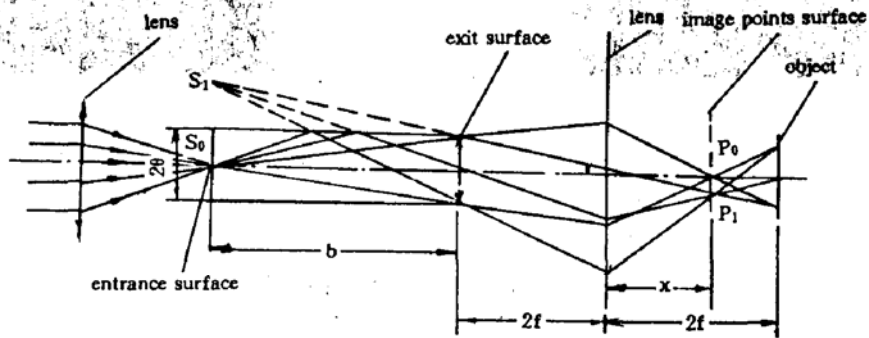


Fig. 1 Schematic illustration of a light pipe uniformizer

设像点面距成像物镜 x , 已知均匀器宽 $2a$, 长为 b , 物镜焦距为 f , 根据高斯公式则有:

$$1/x = -1/(b + 2f) + (1/f) \quad (1)$$

解得

$$x = f(b + 2f)/(b + f) \quad (2)$$

由于光管式光学均匀器的二维对称性, 计算时只考虑一维, 如图 1 所示, 设像点面上各像点离光轴距离为 d , 该距离由均匀器入口处虚光源位置决定, 而虚光源位置是由主光线在均匀器中反射次数决定, 令虚光源距光轴距离为 D , 反射次数为 n , 则有:

$$D = 2na \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (3)$$

根据成像关系则可得:

$$d/D = x/(2f + b) \quad (4)$$

将(2), (3)式代入(4)式得:

$$d = \frac{f(b + 2f)}{(b + f)(2f + b)} \cdot 2na \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (5)$$

所以各像点间的距离, 即空间周期为:

$$\Delta d = \frac{f}{b + f} \cdot (2b + f) \cdot 2a \quad (6)$$

3 实 验

用准分子亚微米光刻用的自制光学均匀器作如下实验, 频谱面上像点分布如图 2 所示, 相应于各点的参与叠加均匀的部分如图 3 所示, 从图 3 可以看出, 由于某种原因, 部分 a, b 等有明显突变. 采用滤波器滤除带突变的部分后, 结果有明显的改善, 在实际的准分子亚微米光刻实验中, 当不采用空间滤波器时, 刻片面上对角线处可发现明显的曝光不足现象, 而其它部分均匀性满足光刻要求, 这里对角线处光场部分不均匀是由于沾合线引起的, 采用根据计算结果制出相应的滤波器, 滤除突变部分后, 刻片上部分曝光不足现象消除, 刻片效果很好. 由此可见采用空间滤波器改善光管式均匀器的性能有着实际应用价值.



Fig. 2 Distribution of the image points



Fig. 3 Amplification of the points in Fig. 2

参 考 文 献

- [1] Y. Ichihara, S. Kawata, I. Hikima *et al.*, Illumination system of an excimer laser stepper. *Proc. SPIE*, 1989, **1138** : 137
- [2] D. Shafer, Gaussian to flat-top intensity distributing lens. *Optics and Laser Technology*, 1982, **37**(6) : 159
- [3] Y. Kawamura, Y. Itagaki, K. Toyoda *et al.*, A simple optical device for generating square flat-top intensity irradiation from a Gaussian laser beam. *Opt. Commun.*, 1983, **48**(1) : 44
- [4] M. Latta, K. Jain, Beam intensity uniformization by mirror folding. *Opt. Commun.*, 1984, **49**(2) : 435
- [5] K. Jain, M. Latta, Beam-folding wedge tunnel. *U. S. Patent*, 1986, 4,547,044
- [6] Qihua Yan, Haixing Zou, Wenju Zhu, A kind of beam intensity uniformizer used in sub-micron excimer laser lithography. *Proc. Sino-Japan Symposium on Engineering Optics*, 1992, Beijing, (*Acta Optica Sinica*) : 385

Using space filter to improve light pipe uniformizer

YAN Qihua YAN Yu ZOU Haixing LU Dunwu

(Shanghai Institute of Optics & Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

ZHU Wenju

(Shanghai Institute of Mechanical Engineering, Shanghai 200093)

(Received 27 November 1992; revised 15 February 1993)

Abstract

This paper describes a technique of using space filter in the light pipe uniformizer. With this filter, the uniformity of illumination of light pipe can be improved. Some parameters of the space filter are calculated and experimental results with it is given.

Key words uniformizer, space filter.