

文章编号:1002-2082(2010)06-1032-04

基于Zemax的He-Ne激光光束聚焦物镜的设计

范应娟¹, 张艳军²

(1. 陕西科技大学 电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021;
2. 中国电子科技集团公司第三十九研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 为了得到一个合理的He-Ne激光光束聚焦物镜, 采用以正前凸型为基础的高折射率双片结构, 应用Zemax软件进行优化设计, 获得了弥散斑直径为0.002 mm的He-Ne激光聚焦物镜, 该镜头只需校正轴上点球差。实验结果表明: 设计的镜头比低折射率单片透镜得到的弥散圆直径更小, 达到0.001 9 mm, 球差被控制在-0.05 mm~+0.05 mm范围内, MTF曲线所围面积变大, 中心点亮度增高, 符合实际需要。

关键词: 光学设计; 聚焦物镜; Zemax; 球差; 弥散圆

中图分类号: TN24; TH703

文献标志码: A

Design of He-Ne laser beam focusing lens based on Zemax

FAN Ying-juan¹, ZHANG Yan-jun²

(1. School of Electrical and Information Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2. The 39th Institute of Chinese Electronic Technology Company, Xi'an 710065, China)

Abstract: In order to obtain a reasonable He-Ne laser beam focusing lens, the high refractive index double pieces with front convex is used and Zemax is adopted for optimization and design. A He-Ne laser beam focusing lens with dispersion speckle diameter of 0.002 mm was obtained. Spherical aberration of the axial point was modified. The diameter of the dispersion speckle of the lens is smaller than that of single piece, which is 0.001 9 mm. The spherical aberration is modified to -0.05 mm~+0.05 mm. The area compassed by MTF curves increases. So the brightness of the center is increased, which meets practical needs.

Key words: optic design; focusing lens; Zemax; spherical aberration; dispersion speckle

引言

如今, He-Ne激光光束聚焦物镜广泛应用于影碟机, 光盘, 激光打印机等, 此类透镜是小F数, 小视场, 单色波简单光学系统, 很容易达到衍射极限, 并且只要一两片透镜就可以达到基本要求。本文采用2片结构, 用Zemax进行优化设计, 得到的镜头结构简单, 比采用单片透镜得到的镜头弥散圆直径更小^[1], 像差校正得更好。

1 镜头结构的设计指标

具体设计任务^[2]要求:

- 1) 镜头物距 $l = \infty$, 视场角 $\omega = 0^\circ$, 焦距 $f' = 60$ mm, 相对孔径 $D/f' = 1/2$, 工作波长 $\lambda = 0.6328$ μm ;
- 2) 镜头只需校正轴上点球差;
- 3) 几何弥散圆直径小于0.002 mm;
- 4) 镜头结构尽量简单, 争取用2片镜片达到

收稿日期: 2010-04-29; 修回日期: 2010-06-18

作者简介: 范应娟(1978-), 女, 重庆人, 理学硕士, 主要从事光学设计方面的研究。E-mail: ci.ming@163.com

要求。

2 设计过程

2.1 初始结构的选择

我们采用正前凸型初始结构^[1],结构参数如表1所示,其像差曲线和点列图如图1和图2所示。

表1 正前凸型初始结构

Table 1 Primary structure of front convex

r/mm	d/mm	玻璃材料
∞(光阑半径)		
80	5	E-FDS1
0	0.2	
-80	5	E-FDS1
-53.927		

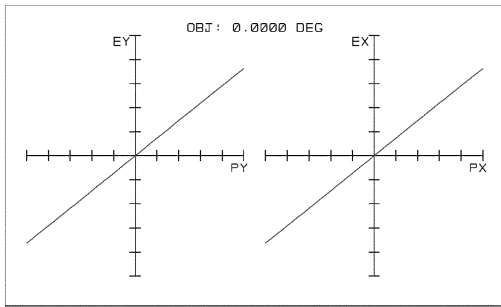


图1 光线像差

Fig.1 Ray aberration plot

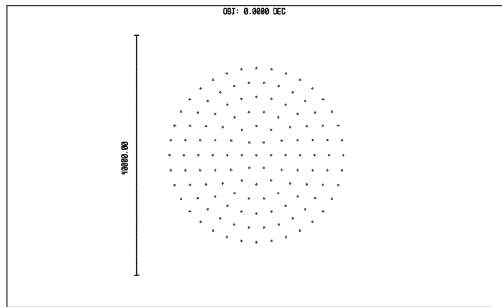


图2 点列图

Fig.2 Spot diagram

表1中前3个半径是初步取定的,第4个半径的数据是由焦距的要求算出来的^[7]。构造的初步想法是将一块厚10 mm的平板分成2块,中间划出来的半径初步取定为80 mm,然后对第一块,将凸的一端(半径为+80 mm的一端)朝向远处的物体,2片镜片的空气间隔暂取为0.2 mm,然后由第4个半径来保证焦距为 $f = 60$ mm的要求。采用高折射率玻璃 $n_{E-FDS1} = 1.92286$ 。

2.2 Zemax 像差校正

利用Zemax得到的初始结构的MTF曲线如

图3所示^[8]。从图中可看出成像质量很差,因此需要校正像差。我们将镜头的像差校正分成3个阶段:校正基本像差,校正高级像差,像差平衡^[3]。

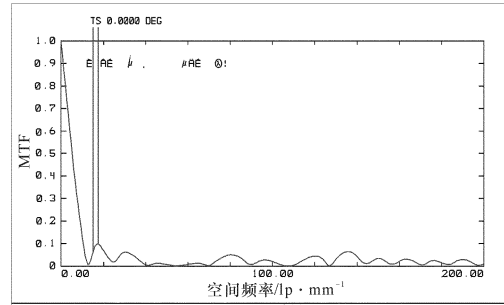


图3 MTF曲线

Fig.3 MTF curves

2.2.1 基本像差校正

在He-Ne激光光束聚焦物镜的设计中,基本像差一般指球差。选取合适的优化函数用Zemax进行优化时,还要注意控制有效焦距。

1) 用LONA控制轴向球差^[3],当选择LONA控制不住球差时,同时加入SPHA操作数,设置合理权重,可以将轴向球差进一步改善。

2) 用EFFL^[4]操作数控制有效焦距为60 mm。

3) 用GMTT和GMTS控制子午和弧矢方向的几何调制传递函数,用几何MTF优化后,再使用MTFA进一步提高系统性能。

2.2.2 高级像差的校正

在完成基本像差校正的基础上,需要全面分析系统像差的校正情况,找出最重要的高级像差,利用上述操作数控制最重要的高级像差。在校正过程中某些本来不大的高级像差可能会增大,这时必须把它们也加入校正,或者在无法同时校正的情况下采取这种方案,使各种高级像差得到兼顾。

2.2.3 像差平衡

在完成第二阶段校正后,各种高级像差已满足要求,可以用MTF曲线查看成像质量。这时,如果高级像差和初级像差不能平衡,就会导致成像质量不高,MTF曲线不能达到要求。

根据系统在整个视场和整个光束孔径内像差的分布规律,改变各个操作数的权重,重新进行像差校正和平衡。

2.3 设计结果

设计结果如图4所示,镜头焦距为60 mm。

我们可以用多种方法来判断像质的好坏。图5给出了球差的大小,球差是唯一要校正的像差,被控制在 -0.05 mm~ $+0.05$ mm范围内。

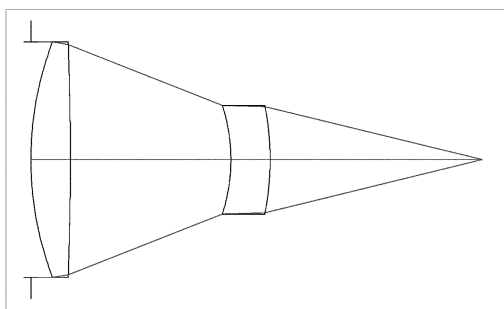


图4 优化后的系统结构

Fig. 4 Optical system layout after optimisation

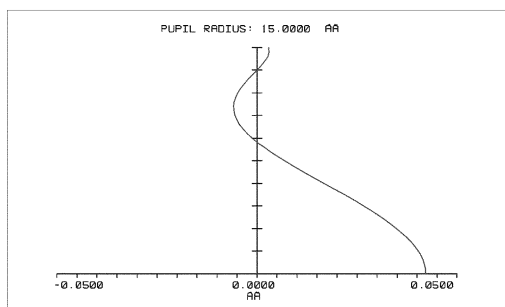


图5 球差

Fig. 5 Spherical aberration

图6给出了 0° 视场情况下的横向像差曲线,可以看出,像差都控制得很小,控制在 $4\ \mu\text{m}$ 之内。

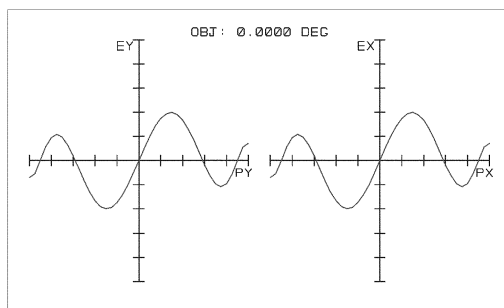


图6 优化后的光线像差

Fig. 6 Diagram of ray fan after optimization

从一点发出的许多光线经光学系统后,因像差使其与像面的交点不再集中于同一点,而形成了一个散布在一定范围的弥散图形,即点列图^[5]。使用RAM Radius和GEO Radius评价成像质量,RAM Radius均方根半径是弥散斑各个点坐标参考中心点进行坐标平方和后除以点数的量,然后开方的值,这个值的半径可以近似反映弥散质量。然而点列图忽略了衍射效应,在系统像差非常小时,点列图往往比实际效果好一些,这时MTF曲线对像质的评价更准确。弥散斑半径可以准确地反映大像差系统的像差分布情况,如图7所示。从图7可以看出,均方根半径 $0.974\ \mu\text{m}$ 小于所要求的弥散圆半径 $1\ \mu\text{m}$,说明聚焦很好。

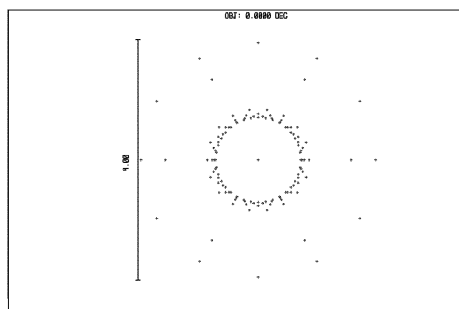


图7 优化后的点列图

Fig. 7 Spot diagram after optimisation

MTF曲线所围的面积等于像差中心点亮度值,MTF所围的面积越大,表明中心点亮度值越高,光学系统的成像质量越好^[6]。本文优化设计的镜头MTF曲线如图8所示。从图8中可以看出,MTF曲线所围的面积已经很大,因此聚焦情况很好。

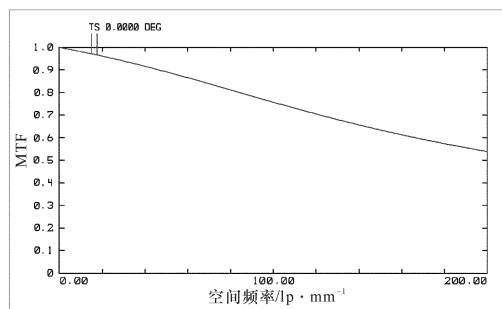


图8 优化后的MTF曲线

Fig. 8 MTF curves after optimization

3 结论

本文设计了一款双片型的He-Ne激光光束聚焦物镜,玻璃材料均采用E-FDS1,在Zemax中使用合适的优化函数和权重对像差进行校正,逐步消除了基本像差、高级像差,并进行了像差平衡,获得了较好弥散斑直径的He-Ne激光光束聚焦物镜,MTF曲线也很理想,而且结构简单,聚焦性能好。

参考文献:

- [1] 毛文炜. 光学镜头的优化设计[M]. 北京:清华大学出版社,2009.
MAO Wen-wei. Optimization and design of optical lens [M]. Beijing: Publishing House of Qinghua University,2009. (in Chinese)
- [2] 郁道银,谈恒英. 工程光学[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
YU Dao-yin, TAN Heng-ying. Engineering optics [M]. Beijing: China Machine Press, 2010. (in

- Chinese)
- [3] 宋东璠,张萍,王诚,等. 基于ZEMAX 的手机镜头设计[J]. 应用光学,2010,31(1):34-38.
SONG Dong-fan, ZHANG Ping, WANG Cheng, et al. Design of mobile phone camera lens based on ZEMAX [J]. Journal of Applied Optics, 2010, 31 (1):34-38. (in Chinese with an English abstract)
- [4] 刘钧,高明. 光学设计[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2006.
LIU Jun, GAO Ming. Optic design[M]. Xi'an:Xi'an University of Electronic Technology Press, 2006. (in Chinese)
- [5] 李晓彤,岑兆丰. 几何光学·像差·光学设计[M]. 杭州:浙江大学出版社,2007.
LI Xiao-tong, CEN Zhao-feng. Geometrical optics aberrations and optical design. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2007. (in Chinese)
- [6] 萧泽新. 工程光学设计[M]. 北京:电子工业出版社, 2002.
XIAO Ze-xin. Engineering optical design [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002. (in Chinese)
- [7] 刘茂超,张雷,刘沛沛,等. 300万像素手机镜头设计[J]. 应用光学, 2008,29(6):944-948.
LIU Mao-chao, ZHANG Lei, LIU Pei-pei, et al. Design of lens for 3 mega-pixel mobile phone camera [J]. Journal of Applied Optics, 2008, 29 (6): 944-948. (in Chinese with an English abstract)
- [8] 黄航星,金伟民,鲁丁. 一款超薄非球面手机镜头设计[J]. 应用光学, 2010,31(3): 365-369.
HUANG Hang-xing, JIN Wei-min, LU Ding. Thin aspheric lens for mobile phone [J]. Journal of Applied Optics, 2010, 31 (3): 365-369. (in Chinese with an English abstract)