

The System of Aberration Revised Based on Laser Speckle

Zhongqi Wang, Xiuyan Chen*, Peng Gao, Chuang Wu, Guiying Yu, Yuancheng Wang, Xinyue Han, Liyun Zhang, Yuanyuan Zhou

College of Physical Science and Technology, Shenyang Normal University, Shenyang Liaoning
Email: *haomisschen@163.com, *2314236676@qq.com

Received: May 3rd, 2017; accepted: May 22nd, 2017; published: May 25th, 2017

Abstract

In the actual optical system, the light through various optical device surface in the process of transmission. It will produce a variety of aberration inevitably, especially the focusing system before imaging by CCD camera. The aberration will cause many defects which are fuzzy, distorted and biggish error. Based on the ZEMAX software, the system was composed of two balsaming lens, and each of the balsaming lens was from two glasses. The system has simple construction, low price, easy to make, and no effection on experimental light path. The ZEMAX software can draw the battery of lenses precisely. And we can test the size of speckle and seidel coefficients which are simulated by ZEMAX. The results show that each of the aberration of the ray has been revised by the system we designed. The imaging quality has been enhanced observably, which takes the size of speckle to be littler.

Keywords

Laser Speckle, Aberration, ZEMAX, Battery of Lenses

激光散斑初级像差校正系统

王中旗, 陈秀艳*, 高朋, 吴闯, 于桂英, 王远成,
韩歆月, 张立雲, 周园园

沈阳师范大学物理科学与技术学院, 辽宁 沈阳
Email: *haomisschen@163.com, *2314236676@qq.com

收稿日期: 2017年5月3日; 录用日期: 2017年5月22日; 发布日期: 2017年5月25日

*通讯作者。

文章引用: 王中旗, 陈秀艳, 高朋, 吴闯, 于桂英, 王远成, 韩歆月, 张立雲, 周园园. 激光散斑初级像差校正系统[J]. 应用物理, 2017, 7(5): 127-132. <https://doi.org/10.12677/app.2017.75018>

摘要

在激光散斑干涉系统中, 光线经过各个光学器件表面的传输过程中, 都不可避免的会产生多种像差, 尤其是CCD成像前的聚焦系统, 像差会使成像产生模糊, 变形、误差较大等缺陷。本论文利用ZEMAX光学设计软件, 设计了由2组4片式透镜组与一个光阑组成的相差校正系统。该系统, 结构简单, 成本低廉, 制作难度低, 并对光线传播路径没有影响。ZEMAX软件可精确绘出透镜组结构。通过测量该软件模拟出的散斑的尺寸以及塞得尔系数值, 对该光学系统的性能进行评估。结果表明, 通过本文设计的光学系统的光线, 其各项初级像差均得以减小甚至消除, 对散斑成像质量会大幅度提高。

关键词

激光散斑, 像差, ZEMAX, 透镜组

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着科技的进步与发展, 具有成本低廉, 实用性强, 制作简易等优良性能的光学透镜的应用已渗透到各个学科领域, 而实际应用越广泛, 所需求透镜的成像质量也就越高, 据此, 为提高成像质量, 像差的校正变得尤为重要[1]。原散斑干涉实验结果表明, 接收到的光线具有较大像差, 成像质量较为模糊, 实验误差较大[2]。到目前为止, 人们已设计了一系列的消像差系统, 最常用最普遍的是由美国新泽西州巴灵顿市的艾默德科技公司设计的凯尔纳目镜, 其对光线的轴外像差(横向色差和场曲)校正的非常好, 但其产生的负畸变大约在 10%以上[3], 因此, 在高精测量的散斑实验系统中应用意义并不大。此外, 市面上仅有的单个双胶合透镜消色差, 以及组合透镜消畸变和场曲, 无法做到散斑实验对球差、彗差、像散、畸变、场曲同时校正的要求[4]。

基于此, 本文利用散斑实验的光路结构以及装置, 在 CCD 相机接收图像前, 也就是光束通过最后一块聚焦透镜后, 设计对光束像差进行校正, 根据 K 式(凯尔纳)目镜提供的消色差双胶合透镜、望远镜设计、双胶合透镜设计的原理[5] [6] [7], 利用 ZEMAX 光学设计软件(本文使用的 ZEMAX 版本为 ZEMAX 2005.exe), 设计以两个双胶合透镜以及一个光阑构成的光学系统, 对光束通过各光学器件所产生的各项初级像差的校正。

2. 光学系统设计

2.1. 初级像差校正系统结构

如图 1, 在散斑实验中, 光束被 CCD 相机接收前, 会通过一个球面聚焦透镜而球面单透镜的球差是不可消除的, 故采取正负透镜胶合的方法消除球差[8]。同时, 光束通过该聚焦透镜由于外视场不同光瞳区域成像放大率不同会产生彗差, 故采用对称结构以及一个光阑来校正彗差。而光束通过各光学器件所产生的畸变, 场曲等可通过调整光阑与透镜距离来校正。所以, 我们在聚焦透镜与 CCD 相机之间加入所设计的光学系统。

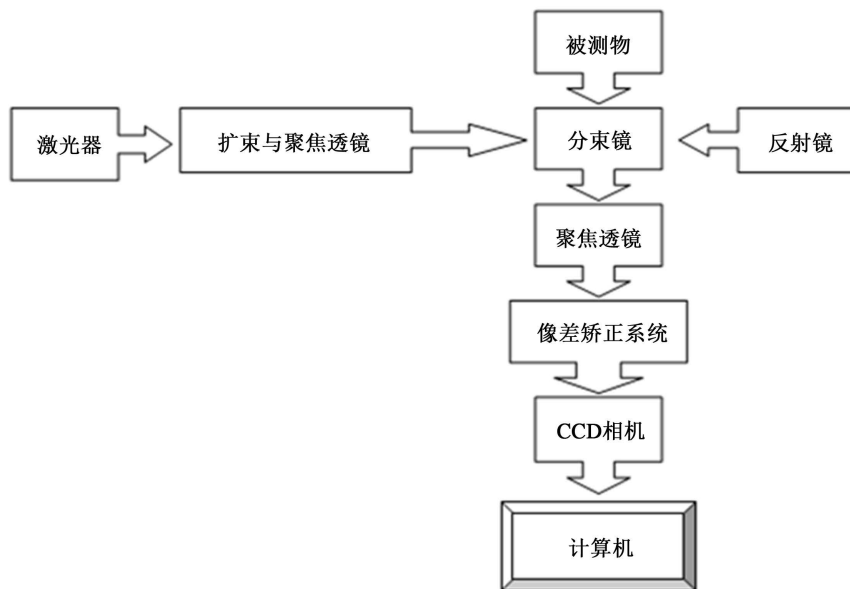


Figure 1. The experimental schematic diagram
图 1. 实验装置示意图

据此，基于 ZEMAX 软件设计一个光学胶合透镜组，焦距为 100 mm，F/#为 5 ($f = D \cdot F/\#$)，波长取 632.8 nm 第一个胶合镜片材料是 BAK7(钡火石玻璃)，钡火石玻璃具有高折射率、高色散特性[8]。第二个透镜材料是 K3，K3 是冕玻璃，冕玻璃具有低折射率、低色散特性。两个胶合透镜组初始参数相同，且关于光阑对称放置。对此系统进行局部优化，优化后给出双胶合透镜组具体设计参数如图 2。

2.2. 系统性能测试与结果讨论

基于以上设计数据，用 ZEMAX 模拟系统的 3D 图，如图 3。可以直观的观察系统的结构。从左边第一组透镜的第一个镜片厚度是 15 mm，曲率半径为 177.64 mm, 44.20 mm, 镜片材料是 BAK7 (钡火石玻璃)。第二个透镜厚度是 15 mm，曲率半径为 44.20 mm, -618.59 mm，玻璃材料是 K3 (冕玻璃)；第二组透镜的第一个透镜厚度为 15 mm，曲率半径为 39.65 mm, 46.56 mm，玻璃材料是 K3 (冕玻璃)，第二个透镜厚度为 15 mm，曲率半径为 46.56 mm, 99.93 mm，镜片材料是 BAK7(钡火石玻璃)。透镜共分为两组四片，光阑位置为距第一组透镜右表面 31.00 mm 处，距第二组透镜左表面 68.20 mm 处。

图 4 为光束直接通过球面聚焦透镜所成的散斑图，图 5 为光束通过像差校正系统所成的散斑图。通过对比两个散斑图可以看到，散斑的 RMS 光斑直径从开始的 112.066 减小到了 0.000，GEO 从 100.038 减小到 0.001，RMS 和 GEO 分别表示 spot 的均方根和几何半径。它们的值越小，则系统的性能越好。所以优化后比优化前系统球差小。再根据由 ZEMAX 提供的赛得尔像差统计数据，对比图 6，图 7 光束通过该系统前后的赛得尔系数值，分析出球差(SPHA, S1)校正在可接受误差范围内，彗差(COMA, S2)，像散(ASTI, S3)，场曲(FCUR, S4)，畸变(DIST, S5)，轴向色差(CLA, CL)，横向色差(CTR, CT)均已校正为 0，即除极小球差外，剩余各项初级像差都已消除，成像质量得以提高。

3. 结论

本文研究基于 ZEMAX 光学设计软件，对散斑实验中光束经过聚焦器件表面所产生的各项初级相差进行矫正，成功并较好的实现成像像差的矫正。由于该设计采用曲面透镜，大大降低了制作的难度，成本低廉，便于操作和使用，具有很高的实用性以及生产可行性。

Lens Data Editor

Edit Solve Options Help

Surf.	Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic	Par 0 (unused)	Par 1 (unused)	Par 2 (unused)	Par 3 (unused)
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		0.000000	0.000000				
1	Standard		177.643922	15.000000	BAF7	10.000000	0.000000				
2	Standard		44.194087	15.000000	K3	9.662535	0.000000				
3	Standard		-618.595586	31.000000		9.540986	0.000000				
STO	Standard		Infinity	68.196367		8.879947	0.000000				
5	Standard		39.645910	15.000000	K3	7.414302	0.000000				
6	Standard		46.561475	15.000000	BAF7	6.257970	0.000000				
7	Standard		99.934869	50.140736		5.053927	0.000000				

Figure 2. Lens data editor
图 2. 透镜数据编辑栏

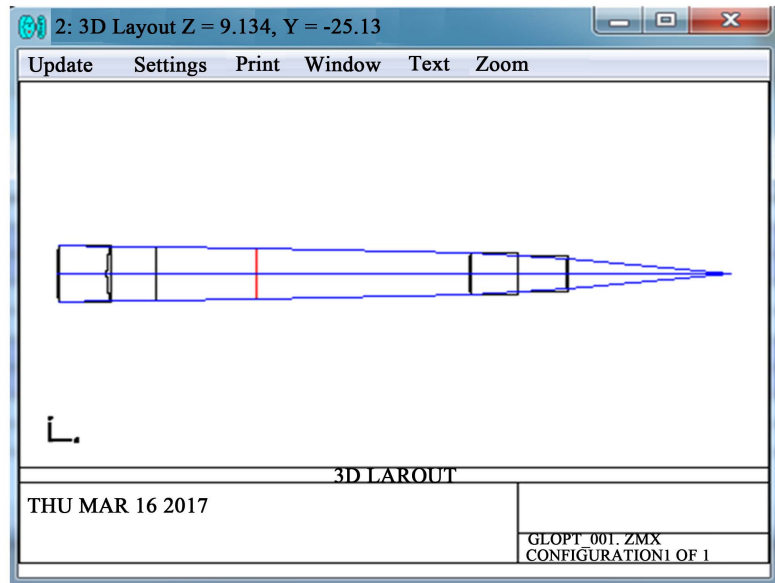


Figure 3. 3D ray fan
图 3. 3D 结构图

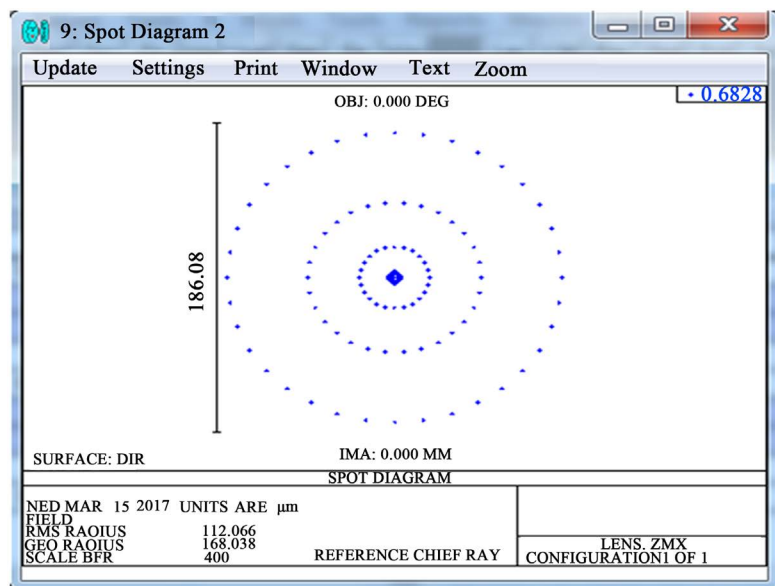


Figure 4. Spot diagram of after revised
图 4. 校正前光斑图

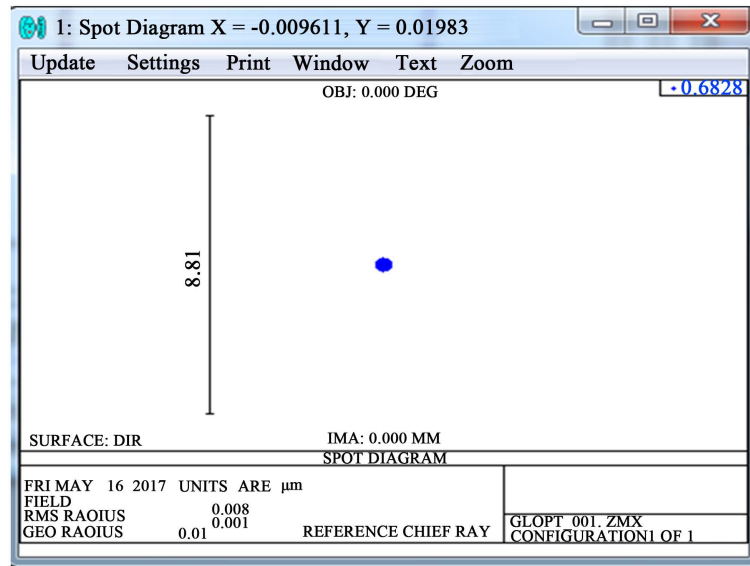


Figure 5. Spot diagram of before revised
图 5. 校正后光斑图

Seidel Aberration Coefficients:

Surf	SPHA S1	COMA S2	ASTI S3	FCUR S4	DIST S5	CLA (CL)	CTR (CT)
1	0.029610	0.002634	0.000234	0.116843	0.010416	-0.019771	-0.001759
2	-0.000096	-0.000135	-0.000189	-0.010260	-0.014663	0.004630	0.006497
3	0.000148	0.001870	0.023630	-0.056390	-0.414001	0.001385	0.017498
STO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
5	-0.005872	0.014595	-0.036277	-0.056390	0.230332	0.003909	-0.009715
6	-0.001094	0.000486	-0.000216	-0.010260	0.004649	0.003380	-0.001500
7	0.022043	0.016517	0.012376	0.120195	0.099332	-0.009454	-0.007083
IMA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
TOT	0.044739	0.035966	-0.000441	0.103737	-0.083934	-0.015922	0.003937

Figure 6. Seidel coefficients of before revised
图 6. 校正前的塞得尔系数窗口

Seidel Aberration Coefficients:

Surf	SPHA S1	COMA S2	ASTI S3	FCUR S4	DIST S5	CLA (CL)	CTR (CT)
1	0.000409	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	-0.007546	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
3	0.000192	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
STO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
5	0.006515	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
6	0.000039	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
7	0.000393	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
IMA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
TOT	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Figure 7. Seidel coefficients after revised
图 7. 校正后的塞得尔系数窗口

资助项目

国家自然科学基金项目(No. 61603265), 大学生创新创业项目(No. 201610166306), 大学生科研基金项目(L2016010), 辽宁省省级精品资源共享课建设项目(ZY20130833)。

参考文献 (References)

- [1] 胡家升. 光学工程导论[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2005: 117-224.
- [2] 徐春梅, 刘秉琦, 黄富瑜, 等. 基于像差特性分析的光学系统横向失调矫正方法[J]. 红外与激光工程, 2016(6): 279-283.
- [3] 林晓阳. ZEMAX 光学设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2014: 74-103.
- [4] 于思源, 韩琦琦, 马晶, 等. 卫星光通信终端 CCD 成像光斑弥散圆尺寸选择[J]. 中国激光, 2007, 34(1): 1-2.
- [5] 史浩东, 张新, 王灵杰, 等. 偏轴自由曲面光学系统像差特性研究[J]. 光学学报, 2016, 36(7): 1-3.
- [6] 叶丽君, 许富洋, 赖兴俊, 等. 自组望远镜实验的改进研究[J]. 大学物理实验, 2011, 24(4): 1-2.
- [7] 寇松峰, 刘根荣, 牛东生, 等. “宋” 望远镜夏克哈特曼光学系统设计[J]. 应用光学, 2014, 35(1): 1-3.
- [8] 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, 2003: 303-304.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: app@hanspub.org