

[本期目录](#) | [下期目录](#) | [过刊浏览](#) | [高级检索](#)

[\[打印本页\]](#) [\[关闭\]](#)

现代应用光学

大曲率半径球面反射镜球面误差的改善

白满社,李攀,张晋宽,滕霖

西安飞行自动控制研究所

摘要：结合环形抛光工艺，提出了新的球面抛光方法，以满足环形激光器、同步辐射加速器、光学振荡器等对大曲率半径球面反射镜球面误差的特殊要求。基于Preston抛光方程，分析了传统工艺在抛光过程中球面区域沿径向不同点的相对运动轨迹，建立了抛光过程材料去除模型。运用所建立的数学模型对大曲率半径球面反射镜传统抛光过程进行计算机仿真，揭示了传统抛光方法产生球面误差的两个原因，即工件无法始终处于抛光盘工作区域内以及工件自转与抛光盘转速不一致。由此提出增大抛光盘面积和驱动工件同步转动两条措施来降低球面误差。应用提出的新工艺加工了半径为6 000 mm的大曲率半径球面反射镜，测试显示其球面误差 $\Delta R/R < 0.02$ ，粗糙度小于0.25 nm，表面疵病达到0级，满足设计要求。

关键词：球面反射镜 曲率半径 球面误差 功率谱密度 运动分析

Improvement on nonuniformity for sphere mirrors with large radius of curvature

BAI Man-she, Pan LI, ZHANG Ji-kuan, TENG Lin

Flight Automatic Control Research Institute

Abstract: On the basis of continuous polishing, a new polishing process was developed to meet the special requirements of ring lasers, synchrotron radiation accelerators and optical oscillators for the sphere mirrors with a large radius of curvature. Based on the Preston hypothesis, a mathematical model of material removal was established by analysis on the relative velocity at the radial point of an optical sphere surface in the classic polishing process. Via computer simulation, it explored that the reasons of the nonuniformity in sphere mirrors were that the mirrors cannot stay in the polishing pan during the polishing process and the rotation rate of the polishing pan is asynchronous with the mirrors. Two improvements were enlarging the size of the polishing pan and synchronizing the mirror rotation with the polishing pan. With the proposed process, a spherical mirror with the radius of 6 000 mm was polished. Obtained results show that the nonuniformity $\Delta R/R$ in a sphere is less than 0.02, the roughness is less than 0.25 nm and the surface defect reaches a zero grade.

Keywords: sphere mirrors radius of curvature sphere nonuniformity power spectral density motion analysis

收稿日期 2012-09-11 修回日期 2012-11-01 网络版发布日期 2013-03-20

基金项目：

总装十二五先进制造技术

通讯作者：李攀

作者简介：白满社（1971-），男，陕西咸阳人，研究员，2009年于西北工业大学获得硕士学位，主要从事光学超精密加工方面的研究。

作者Email: lp_forever5281@sina.com

参考文献：

- [1] LEONEL N M, WILLIS E L. Theory of a ring laser [J]. Physical Review A, 1973, 8(4): 2103-2125. [2] 张国斌, 石军岩, 戚泽明, 等. 国家同步辐射实验室真空紫外光束线的改造[J]. 核技术, 2004, 27(10): 729-732. ZHANG G B, SHI J Y, QI Z M, et al.. Reconstruction of vacuum ultraviolet beamline at NSRL [J]. Nuclear Techniques, 2004, 27(10): 729-732. [3] WEBSTER S, GILL P. Low-thermal-noise optical cavity [C]. IEEE International Conference on Frequency Control Symposium, 2010. [4] 高宏刚, 陈斌, 曹健林, 等. 超光滑光学表面加工技术[J]. 光学精密工程, 1995, 3(4): 7-14. GAO H G, CHEN B, CAO J L, et al.. Super-smooth optical surface processing technology [J]. Opt. Precision Eng., 1995, 3(4): 7-14. (in Chinese) [5] AIKENS D, WOLFE C, LAWSOM J. The use of power spectral density (PSD) functions in specifying optics for the National Ignition Facility [J]. SPIE, 1995, 2576: 281-292. [6] AIKENS D. Derivation of preliminary specifications for transmitted wavefront and surface roughness for large optics used in Inertial Confinement Fusion [J]. SPIE, 1995, 2633: 350-360. [7] LAWSON J, WOLFR C. Specification of optical component using power spectral density function [J]. SPIE, 1995, 2536: 33-55. [8] 李攀, 张晋宽, 白满社, 等. 基于超光滑表面工艺过程的PSD评价技术研究[J]. 航空精密制造技术, 2011, 47(4): 8-11. LI P, ZHANG J K, BAI M SH, et al.. Power spectral density evaluation for ultra-smooth surface process [J]. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2011, 47(4): 8-11. (in Chinese) [9] PRESTON F. The theory and design of plate glass polishing machines [J]. J. Soc. Glass Technol., 1927, 11: 214-256. [10] 王朋, 陈亚, 宣斌, 等. 大口径光学元件的机械手抛光[J]. 光学精密工程, 2010, 18(5): 1077-1085. WANG P, CHEN Y, XUAN B, et al.. Polishing large aperture mirrors by manipulator [J]. Opt. Precision Eng., 2010, 18(5): 1077-1085. (in Chinese) [11] 王毅, 倪颖, 余景池. 小型非球面数控抛光技术的研究[J]. 光学精密工程, 2007, 15(10): 1527-1533. WANG Y, NI Y, YU J CH. Computer-controlled polishing technology for small aspheric lens [J]. Opt. Precision Eng., 2007, 15(10): 1527-1533. (in Chinese) [12] 陈勇, 李攀. 高准确度玻璃光学元件的CMP技术研究[J]. 光子学报, 2008, 37(12): 2499-2503. CHEN Y, LI P. Chemical mechanical polishing for high precision glass optical components [J]. Acta Photonica Sinica, 2008, 37(12): 2499-2503. (in Chinese) [13] YI J G. On the wafer/pad friction of chemical-mechanical planarization (CMP) processes-part I: modeling and analysis [J]. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, 2005, 18(3): 359-370.

1. 邱丽荣, 李佳, 赵维谦, 杨佳苗. 激光共焦透镜曲率半径测量系统[J]. 光学精密工程, 2013,21(2): 246-252
2. 田志辉, 史振广, 刘伟奇, 杨怀江, 隋永新. 高精度曲率半径测量方法及其不确定度[J]. 光学精密工程, 2013,21(10): 2495-2501
3. 张金平, 张学军, 张忠玉, 郑立功. Shack-Hartmann波前传感器检测大口径圆对称非球面反射镜[J]. 光学精密工程, 2012,20(3): 492-498
4. 王旭. 使用优化的固着磨料磨盘全口径加工碳化硅反射镜[J]. 光学精密工程, 2012,20(10): 2123-2131
5. 杨李茗, 叶海仙. 大口径大曲率半径光学元件的高精度检测[J]. 光学精密工程, 2011,19(6): 1207-1212
6. 屠大维, 江济良. 改进的光流运动图像分析方法及其应用[J]. 光学精密工程, 2011,19(5): 1159-1164
7. 杨林, 郑贤良, 陈波. 基于反射镜表面粗糙度计算极紫外望远镜分辨率[J]. 光学精密工程, 2011,19(11): 2565-2572
8. 刘超, 胡立发, 穆全全, 曹召良, 高峰, 王永伟, 宣丽. 校正水平湍流波面的自适应光学系统的带宽需求[J]. 光学精密工程, 2010,18(10): 2137-2142
9. 林旭东, 陈涛, 明名, 王建立, 陈宝刚, 董磊. 球面拼接的相对曲率半径测量[J]. 光学精密工程, 2010,18(1): 75-82
10. 张春森. 三维运动分析中的运动-立体双匹配约束[J]. 光学精密工程, 2007,15(6): 945-950
11. 董晓浩, 凤良杰, 康乐, 徐朝银. 同步辐射X射线双晶单色器联动机构[J]. 光学精密工程, 2007,15(2): 224-229
12. 吴清彬, 陈时锦, 董申. 参数优化方法在轻质反射镜结构设计中的应用[J]. 光学精密工程, 2003,11(5): 466-471
13. 宋朝晖, 吴清文, 卢镔. 非球面长圆状反射镜支撑结构的工程分析[J]. 光学精密工程, 1999,7(6): 56-60
14. 史秀荣, 张星晔. 精确测量长凹球面曲率半径的差分干涉微机系统[J]. 光学精密工程, 1994,2(6): 97-102
15. 韩昌元, 武晓东, 张晓辉. 刀口干涉仪[J]. 光学精密工程, 1994,2(1): 45-48