

文章编号: 0253-2239(2006)10-1483-5

# 应用反射型球面菲涅耳波带片的成像物镜设计\*

郑臻荣 孙旭涛 顾培夫 刘旭

(浙江大学现代光学仪器国家重点实验室, 杭州 310027)

**摘要:** 设计了一种应用球面菲涅耳波带反射面与非球面反射面结合的成像物镜。对球面结构的菲涅耳波带反射面进行分析, 推导了球面菲涅耳波带反射面近似替代非球面的方法, 采用单片球面菲涅耳波带反射面和三片非球面反射面设计成像物镜, 在放大倍数  $100\times$ 、视场角  $120^\circ$ 、菲涅耳数 2.5 情况下, 调制传递函数在放大成像侧可实现 0.6 lp/mm 的 40% 以上, 畸变小于 2.2%。该设计方法为菲涅耳波带片应用于可见光成像提供了参考, 并随着菲涅耳器件加工技术的不断发展具有良好的应用前景。

**关键词:** 光学设计; 球面菲涅耳波带片; 成像物镜; 反射

中图分类号: O439 文献标识码: A

## Design of Objective Lens with Reflective Spherical Fresnel Zone Plate

Zheng Zhenrong Sun Xutao Gu Peifu Liu Xu

(State Key Laboratory of Modern Optical Instrumentation, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

**Abstract:** An objective lens composed of a spherical Fresnel zone plate mirror and aspheric mirrors is designed. The Fresnel zone plate with spherical shape is analyzed, and the method to replace aspherical mirror with spherical Fresnel zone plate approximately is deduced. The objective lens is designed with a single spherical Fresnel zone plate mirror and three aspherical mirrors. Under the condition of magnification 100, Fresnel number 2.5 and field angle  $120^\circ$ , the modulation transfer function reaches above 40% at 0.6 line pairs/mm on the magnification side, and the distortion is less than 2.2%. This method can provide reference for application of Fresnel zone plate in visible light imaging, and possesses a bright future with the continuous development of fabrication technique of Fresnel devices.

**Key words:** optical design; spherical Fresnel zone plate; objective lens; reflection

## 1 引 言

成像物镜作为光学系统中成像器件, 对系统的性能具有重要作用。20 世纪 90 年代中后期以来, 成像物镜的整体发展趋势是短焦距、大视场角、大相对孔径和高清晰度<sup>[1]</sup>, 这就造成了成像物镜的设计和制造难度不断提高。随着视场角和相对孔径的增大, 目前普遍采用的透射式成像物镜会出现各种色差、轴外像差和畸变的急剧变化并很难同时得以校正。为满足性能要求就需要不断提出新的成像物镜结构形式, 或对成像物镜的结构形式进行复杂化, 透

射式的成像物镜存在着一定局限性<sup>[2]</sup>。目前反射式成像物镜的设计概念已经越来越被重视<sup>[3~5]</sup>, 如 M. Ogawa<sup>[6]</sup> 提出采用非球面反射式的结构进行投影成像物镜的设计, 采用四片非球面反射镜成功设计并制造了短焦投影物镜。但非球面在面形较大的情况下, 在加工和面形测量方面都存在一定困难, 菲涅耳元件由于结构轻巧, 复制成本低, 受到研究者的重视<sup>[7~10]</sup>。本文采用球面菲涅耳波带反射面替代非球面的方法, 设计了一种应用球面菲涅耳波带反射面的成像物镜, 采用单片球面菲涅耳波带反射面和

\* 国防预研项目(6.6.5.1)资助课题。

作者简介: 郑臻荣(1972~), 男, 江西人, 浙江大学副教授, 博士, 主要从事光学工程及显示技术的研究。

E-mail: zZR@zju.edu.cn

收稿日期: 2005-10-18; 收到修改稿日期: 2006-01-09