

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02B 27/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710056050.1

[43] 公开日 2008 年 1 月 30 日

[11] 公开号 CN 101114053A

[22] 申请日 2007.9.7

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 赵炳仁

[21] 申请号 200710056050.1

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 卢振武 刘 华 岳巾英

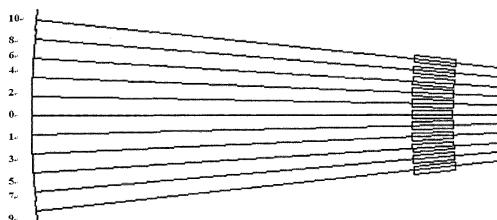
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

[54] 发明名称

基于复眼结构的衍射望远镜光学系统

[57] 摘要

一种基于复眼结构的衍射望远镜光学系统，它属于光学设计领域。该望远镜系统采用薄膜衍射透镜做物镜，使光学系统超轻量化，降低空间光学系统的成本，同时具有宽松的面形公差要求，克服了反射式系统面形精度难控制的缺点且衍射元件易加工复制批量生产。利用生物复眼的原理扩大视场，将单个衍射望远镜仿照并列型生物复眼结构进行空间排布，整个系统具有很轻的质量，在宽光谱、大视场范围内具有高分辨率及接近衍射极限的成像质量。此望远镜可用于空间对地观测遥感，空间摄影等领域，很好地满足了空间望远镜质量轻，成本低，大视场，高分辨力的要求。



1、基于复眼结构的衍射望远镜光学系统，其特征在于该光学系统包括单眼望远镜(1)，(3)，(5)，(7)，(9)相对于单眼望远镜0分别旋转 0.1° ， 0.2° ， 0.3° ， 0.4° ， 0.5° 并顺次首尾相接，单眼望远镜(2)，(4)，(6)，(8)，(10)相对于单眼望远镜0分别旋转 -0.1° ， -0.2° ， -0.3° ， -0.4° ， -0.5° 并顺次首尾相接，物镜(11)选用表面镀低密度薄膜BK7玻璃，采用薄膜衍射透镜做物镜，其第一个面是二元衍射面；目镜(12)由BK7和SFL56玻璃做成的双胶合透镜和两个BK7玻璃的单透镜(13)、(14)；

各部件的位置和连接关系：将折射件和衍射件结合在一起，目镜(12)和物镜(11)分别放置在两个平台上，且目镜(12)放在消色差中心波长的焦点位置，望远镜系统由n个小视场的单眼望远镜组成，每个单眼望远镜都具备自己的一套物镜与目镜系统，将单个衍射望远镜仿照并列型生物复眼结构进行空间排布，所述n为正整数，本发明中n为3—19。

2、按照权利要求1所上述的基于复眼结构的衍射望远镜光学系统，其特征在于该望远镜中，采取在物镜透射基底上施加光焦度 ϕ ，并将折射件和衍射件结合在一起。

3、按照权利要求1所上述的基于复眼结构的衍射望远镜光学系统，其特征在于望远镜系统由n个小视场的单眼望远镜组成，每个单眼望远镜都具备自己的一套物镜与目镜系统，由n个单眼望远镜组成的复眼望远镜可得到的视场为 $2\omega = 0.1^\circ \times n$ 。

基于复眼结构的衍射望远镜光学系统

技术领域

本发明基于复眼结构的衍射望远镜光学系统是一种空间成像系统，属于光学设计领域。主要用于空间对地观测遥感，空间摄影等领域。

背景技术

现代的空间遥感技术对光学系统的要求是：在宽光谱范围内具有高分辨率，大视场，质量轻的特点。为满足上述要求，传统的空间望远镜系统大都采用多反射镜结构，且各反射面均采用非球面，随之而来的问题是：一方面非球面加工制作难度大成本高；另一方面反射镜面形精度要求高难控制。

发明内容

为了克服已有技术的缺点，本发明提供一种基于复眼结构的衍射望远镜光学系统。

本发明的技术方案是望远镜光学系统采用衍射透镜做物镜，使折射件和衍射件结合，校正一部分色差，剩余色差由折射式目镜进行校正。将目镜和物镜分别放置在两个平台上，且目镜放在消色差中心波长的焦点位置，望远镜系统由 n 个小视场的单眼望远镜组成，每个单眼望远镜都具备自己的一套物镜与目镜系统，将单个衍射望远镜仿照并列型生物复眼结构进行空间排布。 n 为正整数，本发明中 n 为 3—19。

本发明解决其技术问题所采用的具体技术方案如下：

一、 物镜的选择

望远镜物镜选择衍射透镜。将衍射面做在平面透射薄膜基底上，有两大优点：

1、衍射光学元件是位相型的，在可见光波段内可以做成一系列表面深度为 $1\mu m$ 左右的浮雕结构，加上十几个 μm 厚的基底，整个衍射透镜可以做的很薄，从而大大降低元件的重量；

2、平面衍射透镜在很大程度上减小了面形公差要求，入射光经反射镜表面光程差的改变量是镜面面形误差的两倍，对于高分辨力反射式望远镜而言，一般要求元件的面形精度优于 $\lambda/10$ （P-V 值），但衍射光学元件是透射型元件，入射光通过一个等厚的透射表面，在一个面上的路径延迟被另一个表面抵消，表面的面形误差几乎对出射光程不产生影响。可以证明对光线的偏折角度为 θ ，透射表面上面形误差影响比反射表面要好 $(1+\cos\theta)/(1-\cos\theta) \approx 16(f/\#)^2$ 倍，例如 $f/\#=100$ ，透射表面就要比反射表面公差放松 160000 倍。同时，衍射元件较非球面容易制作，可复制，适于批量加工。

二、 消色差

衍射元件有很大的色散，因此要实现望远镜的宽光谱应用就要对其进行色差校正。该望远镜中，采取在物镜透射基底上加入光焦度 ϕ ，剩余色差由折射式目镜进行校正。

三、 单眼衍射望远镜

由于衍射光学元件的特性和制作工艺的限制，利用衍射光学元件作为物镜的空间系统，系统的长度都非常大，很难安放在一个平台上。为此所设计的望远镜采用目镜和物镜分别放置在两个平台上，且目镜放在消色差中心波长的焦点位置，目镜系统口径最小，结构简单、质量轻、易制作。

四、 扩大视场

望远镜的主要重量集中在目镜系统上，为减小其重量，单个衍射望远镜的视场角是有限的。为此利用并列型生物复眼大视场的工作原理：望远镜系统由多

个小视场的单眼望远镜组成，每个单眼都具备自己的一套物镜与目镜系统，观察物体时按自己的视场角进行拍摄。之后，通过计算机运算处理，整张图片就可以被合成出来。

本发明的有益效果是：该望远镜光学系统采用薄膜衍射透镜做物镜，使光学系统超轻量化，降低空间光学系统的成本，同时具有宽松的面形公差要求，克服了反射式系统面形精度难控制的缺点且衍射元件易加工复制批量生产。利用生物复眼的原理扩大视场，将单个衍射望远镜仿照并列型生物复眼结构进行空间排布，整个系统具有很轻的质量，在宽光谱、大视场范围内具有高分辨率及接近衍射极限的成像质量。正符合当前空间对地遥感、空间摄影等领域对光学系统的要求。

附图说明

图1为复眼衍射望远镜的光学系统示意图。

图2为单眼衍射望远镜光学系统示意图。

图3为单眼衍射望远镜ZEMAX软件设计结果的传递函数曲线。

具体实施方式

下面结合附图对本发明进一步说明：

图1是复眼衍射望远镜的光学设计示意图，由11个单眼望远镜组成的，视场可达 $2\omega = 1.1^\circ$ ，采用更多的单眼望远镜可得到更大视场的覆盖。图2单眼衍射望远镜光学系统中，物镜11（孔径光阑）口径200mm， $f/\#=100$ ，基底为1mm厚的BK7玻璃，选用低密度薄膜材料可以减少物镜质量，其第一个面是二元衍射面，第二个面具有一定的光焦度，折射件和衍射件结合在一起，校正一部分色差；目镜由BK7和SFL56玻璃做成的双胶合透镜12和两个BK7玻璃的单透镜13、14组成。系统工作波段： $0.6 \mu m - 0.8 \mu m$ ，视场角为 $2\omega = 0.1^\circ$ ， $f/\#=4$ 。物镜距目镜20m，

物镜与目镜口径之比为5.5:1。从图3可以看出，单眼衍射望远镜的各视场位置，在空间频率50lp/mm处，传递函数值均可达到0.7以上。

按照如图1所示布置复眼衍射望远镜的结构，每个单眼衍射望远镜对自己负责的视场成像，在各成像焦平面分别放置CCD感测器，并连线至电脑对各视场成像图分析处理，就可合成得到整个要求视场内完整的像。图中0为中心视场为0°的单眼望远镜。2为中心视场为-0.1°的单眼望远镜，4为中心视场为-0.2°的单眼望远镜，6为中心视场为-0.3°的单眼望远镜，8为中心视场为-0.4°的单眼望远镜，10为中心视场为-0.5°的单眼望远镜，单眼望远镜2, 4, 6, 8, 10相对于单眼望远镜0分别旋转-0.1°, -0.2°, -0.3°, -0.4°, -0.5°并顺次首尾相接；下边的1为中心视场为0.1°的单眼望远镜，3为中心视场为0.2°的单眼望远镜，5为中心视场为0.3°的单眼望远镜，7为中心视场为0.4°的单眼望远镜，9为中心视场为0.4°的单眼望远镜，单眼望远镜1, 3, 5, 7, 9相对于单眼望远镜0分别旋转0.1°, 0.2°, 0.3°, 0.4°, 0.5°并顺次首尾相接。这样，整个望远镜在 $2\omega = 1.1^\circ$ 的子午视场范围内得到了全覆盖，一般由n个单眼望远镜组成的复眼望远镜可得到的视场为 $2\omega = 0.1^\circ \times n$ 。上面是对子午方向视场的覆盖，对于弧矢方向可通过扫描的方式进行覆盖，从而得到子午和弧矢两个方向上的大视场覆盖。

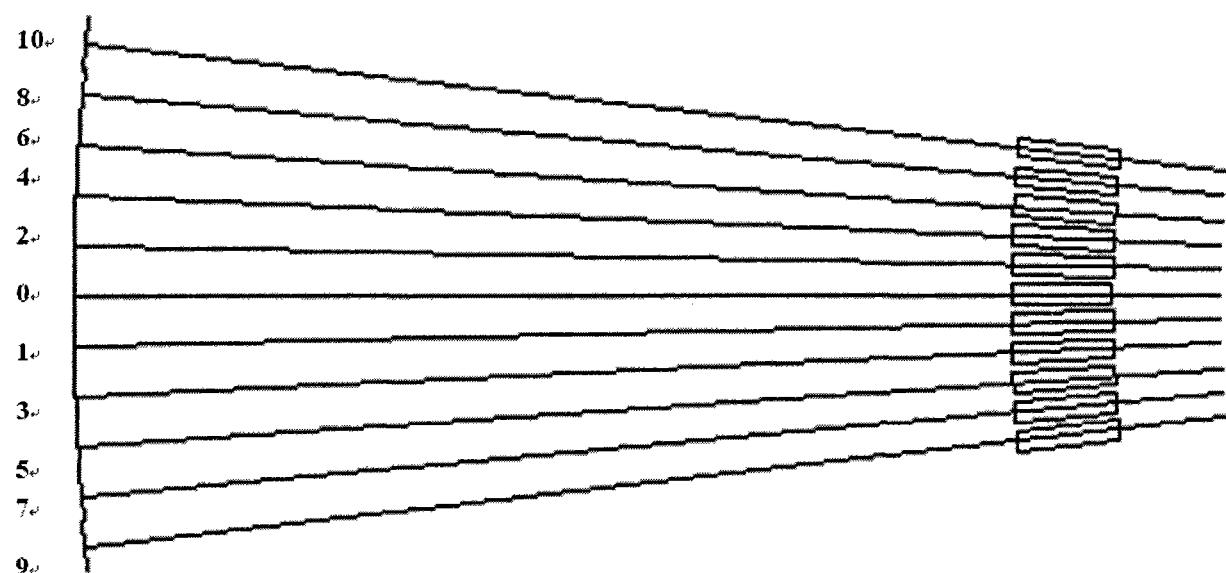


图 1

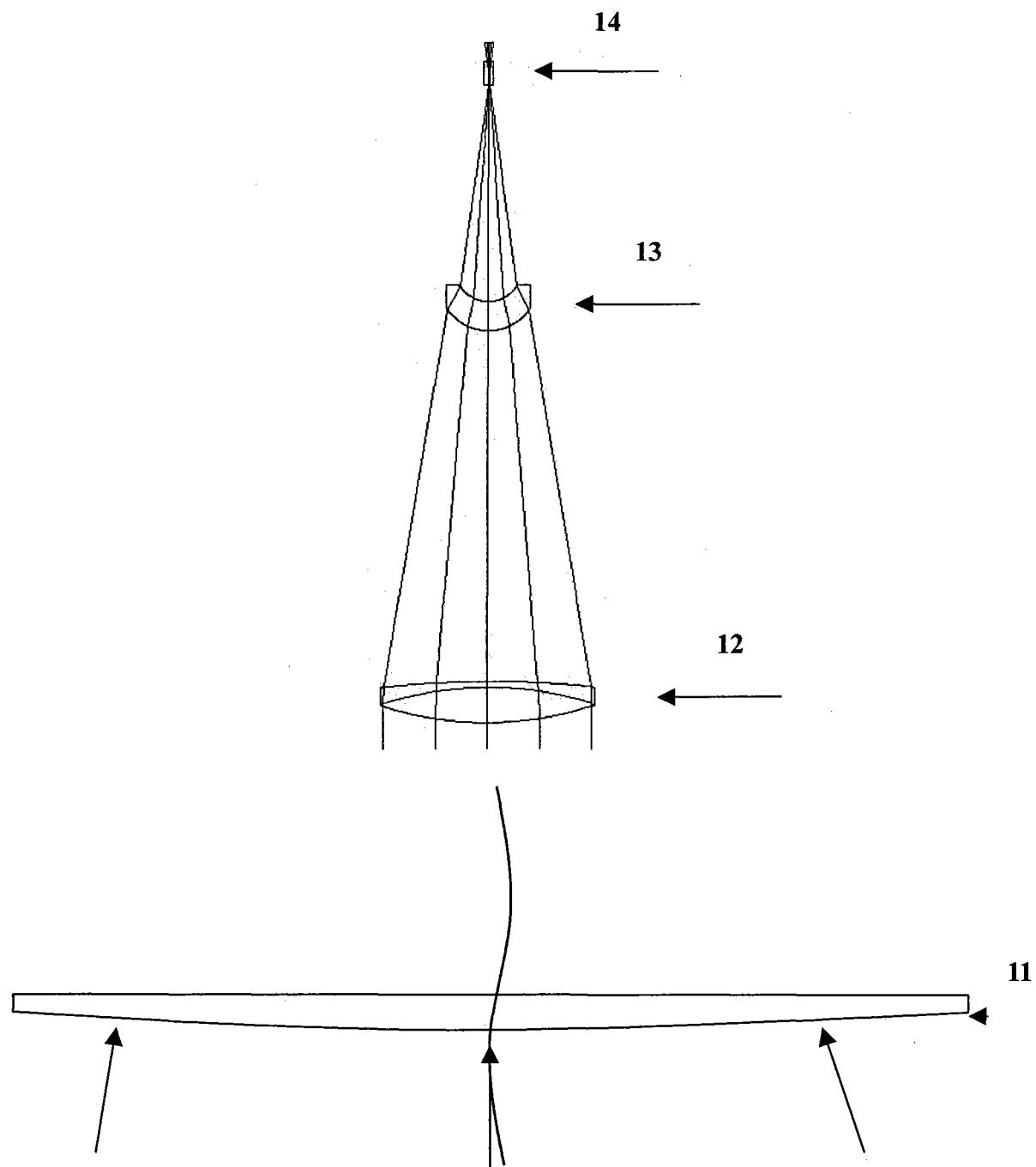


图 2

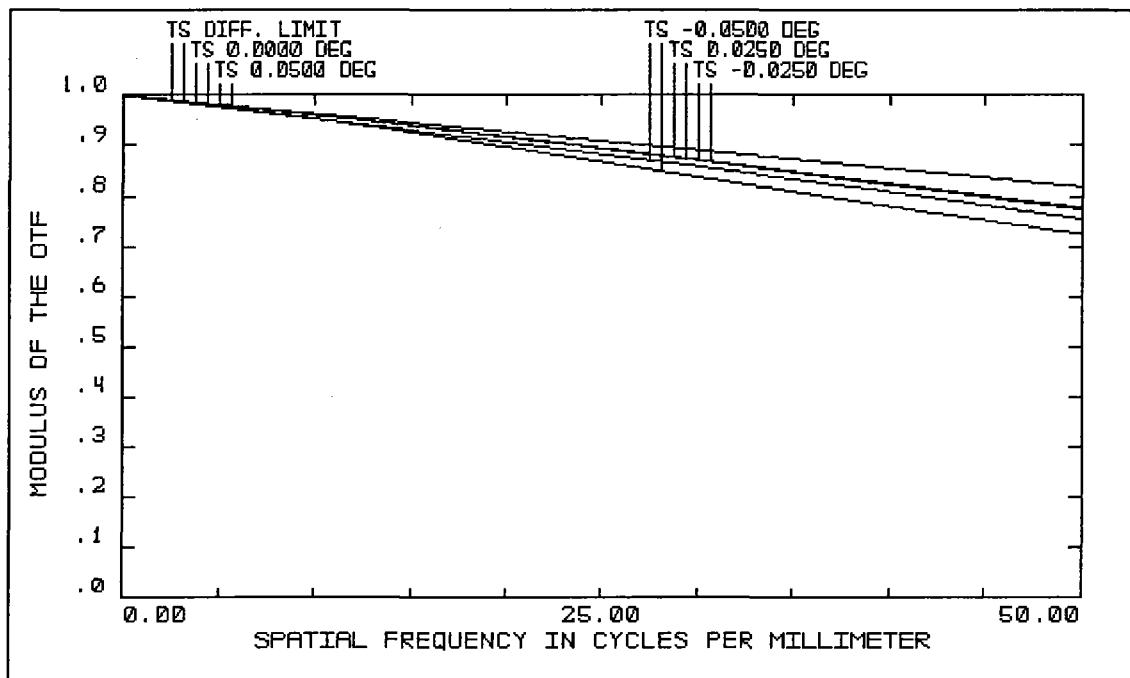


图 3